
This is the **published version** of the article:

Ramírez Aliaga, Priscila; Badia Perpinyà, Anna. Cambios en los usos de suelo, vulnerabilidad del territorio e incendios forestales. El caso de estudio Las Máquinas, Región del Maule, Chile. 2019. 90 p.

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/232643>

under the terms of the  **IN**
COPYRIGHT license

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

MÁSTER EN ESTUDIOS TERRITORIALES Y DE LA POBLACIÓN ed. 2018-2019

**CAMBIOS EN LOS USOS DE SUELO, VULNERABILIDAD
DEL TERRITORIO E INCENDIOS FORESTALES.
EL CASO DE ESTUDIO LAS MÁQUINAS,
REGIÓN DEL MAULE, CHILE**

Autora:

Ramírez Aliaga, Priscila

Tutora:

Badia Perpinyà, Anna

Bellaterra, Septiembre de 2019

Priscila Ramírez Aliaga



Anna Badia Perpinyà



AGRADECIMIENTOS

A mi tutora Anna Badia Perpinyà por guiarme y permitirme aprender tanto durante este proceso.

A mis profesoras Amanda Huerta Fuentes y Paloma Cariñanos González por su confianza y apoyo, sin el cual no habría sido posible desarrollar mis estudios.

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) Programa Formación de Capital Humano Avanzado/Magíster en el Extranjero, Becas Chile / 2018 – 73190247.

RESUMEN

Los usos y cubiertas del suelo son los principales determinantes de la estructura, funciones y dinámicas de los paisajes. En este sentido, los cambios que se producen en ellos son provocados por actividades antrópicas que aumentan la vulnerabilidad de los territorios y de las personas frente a desastres, como los incendios forestales. Incendios que durante los últimos años, se han convertido en un fenómeno importante debido al aumento tanto en la ocurrencia como en el daño que producen. Bajo este contexto, los problemas que generan los incendios forestales aumentan significativamente cuando afectan la Interfaz Urbano-Forestal (IUF), zonas en que el área forestal entra en contacto con las edificaciones. Estas IUF, han experimentado un aumento durante los últimos años, lo que ha provocado un incremento del riesgo frente a los incendios forestales. Debido a lo anterior, es necesario que se considere una gestión adecuada del territorio, que permita establecer medidas concretas para enfrentar los nuevos eventos de incendios forestales, que en el escenario actual de cambio climático se prevé continúen siendo de mayor magnitud.

En el presente trabajo se analizan los cambios de usos de suelo que se han registrado en la Región del Maule, Chile, entre los años 1999, 2009 y 2016, determinándose las superficies que han aumentado y disminuido, para así establecer si existe relación entre los cambios de uso del suelo y la vulnerabilidad de los territorios frente a los incendios forestales. Lo anterior bajo el contexto del megaincendio forestal registrado durante el mes de enero de 2017 y que fue considerado una “Tormenta de Fuego” y el primer incendio de Sexta generación. Además, se analiza el incendio Las Máquinas, que tuvo gran repercusión por ser de gran magnitud y consumir por completo la localidad de Santa Olga. Los análisis se realizaron mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Palabras clave: *cambios de uso del suelo, incendios forestales, interfaz urbano-forestal, vulnerabilidad, Sexta generación.*

RESUM

Els usos i cobertes del sòl són els principals determinants de l'estructura, funcions i dinàmiques dels paisatges. En aquest sentit, els canvis que es produeixen en ells són provocats per activitats antròpiques que augmenten la vulnerabilitat dels territoris i de les persones davant desastres, com els incendis forestals. Incendis que durant els últims anys, s'han convertit en un fenomen important a causa de l'augment tant en l'ocurrència com en el dany que produeixen. En aquest context, els problemes que generen els incendis forestals augmenten significativament quan afecten la interfície Urbà-Forestal (IUF), zones en què l'àrea forestal entra en contacte amb les edificacions. Aquestes IUF, han experimentat un augment durant els últims anys, el que ha provocat un increment del risc front dels incendis forestals. Degut a aquest fet, cal aplicar una gestió adequada del territori, que permeti establir mesures concretes per afrontar els nous esdeveniments d'incendis forestals, que en l'escenari actual de canvi climàtic es preveu continuïn sent de major magnitud.

En el present treball s'analitzen els canvis d'usos de sòl que s'han registrat a la Regió del Maule, Xile, entre els anys 1999, 2009 i 2016, quantificant les superfícies que han augmentat i disminuït, per així establir si existeix una relació entre els canvis d'ús de sòl i la vulnerabilitat dels territoris front dels incendis forestals. Aquesta anàlisi es fa en el context del megaincendi forestal registrat durant el mes de gener de 2017 i que va ser considerat una "Tempesta de Foc" i el primer incendi de sisena generació. A més, s'analitza l'incendi Les Màquines, que va tenir gran repercussió per ser de gran magnitud i cremar completament la localitat de Santa Olga. Les anàlisis s'han realitzat mitjançant la utilització d'un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG).

Paraules clau: *canvis d'ús de sòl, incendis forestals, interfície urbà-forestal, vulnerabilitat, Sisena generació.*

ABSTRACT

The land use and land covers are the main determinants of the structure, functions and dynamics of the landscapes. In this sense, the changes that occur in them are caused by anthropic activities increase the vulnerability of territories and people to disasters, such as wildfires. Fires that over the last few years have become an important phenomenon due to the increase in both occurrence and the damage that occurs. In this context, the problems that wildfires generate increase significantly when they affect the wildland-urban interface (WUI), areas where the forest area comes into contact with the buildings. These WUI have increased in recent years, which has caused an increased risk of wildfires. Because of the above, it is necessary to consider an adequate management of the territory, to enable concrete measures to deal with new wildfire events, that in the current climate change scenario is expected to continue to be more important.

This paper analyses land use changes in the Region of Maule, Chile, between 1999, 2009 and 2016, determining the areas that have increased and decreased, in order to establish whether there is a relationship between the land use changes and the vulnerability of the territories to wildfires. This is in the context of the forest mega-fire registered during the month of January 2017 and that it was considered a "Fire Storm" and the first sixth generation fire. In addition, The Machines fire is analyzed, which had a great impact because it was of great magnitude and completely consumed the town of Santa Olga. The analyses were carried out using a Geographic Information System (GIS).

Key words: changes in land use, wildfires, wildland-urban interface (WUI), vulnerability, Sixth generation.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	5
2.1 Hipótesis	5
2.2 Objetivo general.....	5
2.3 Objetivos específicos	5
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1 Dinámica del paisaje y cambios en los usos de suelo.....	6
3.2 Interfaz Urbano-Forestal (IUF).....	8
3.3 Incendios forestales y vulnerabilidad del territorio	9
3.4 Incendios forestales en un contexto de Cambio climático.....	12
4. ÁREA DE ESTUDIO	14
4.1 Región del Maule.....	14
4.2 Área afectada por el incendio Las Maquinas	14
5. METODOLOGÍA.....	17
5.1 Cambio de uso del suelo	17
5.2 Incendios Forestales.....	19
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
6.1 Usos de suelo Región del Maule, años 1999 - 2009 y 2016.....	20
6.1.1 Usos de suelo Región del Maule año 1999	20
6.1.2 Usos de suelo Región del Maule año 2009	21
6.1.3 Usos de suelo Región del Maule año 2016	22
6.2 Cambio de usos de suelo Región del Maule, años 1999 - 2009 y 2016	23
6.3 Interpretación del cambio de uso del suelo por categoría de uso	26
6.3.1 Cambio de usos de suelo años 1999 - 2009	26
6.3.2 Cambio de usos de suelo años 2009 - 2016	27
6.3.3 Cambio de usos de suelo años 1999 - 2016	27
6.4 Cambio de usos de suelo y vulnerabilidad del IUF frente a incendios forestales.....	28
6.5 Incendios forestales ocurridos entre 1998 y 2018 en Chile	33
6.6 Incendios en la Región del Maule, Chile	36

6.7 Incendios forestales temporada 2016-2017	36
6.8 Caso de estudio: Incendio forestal Las Máquinas Región del Maule, Chile	40
6.8.1 Megaincendio forestal año 2017	40
6.8.2 Incendio forestal Las Máquinas	43
6.8.3 Superficie afectada por el incendio forestal Las Máquinas.....	43
6.8.4 Uso del suelo afectado por el incendio Las Máquinas	45
6.8.5 Incendio en Localidad de Santa Olga.....	47
7. CONCLUSIONES.....	51
8. BIBLIOGRAFIA	57
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población de comunas afectadas por el incendio	15
Tabla 2. Uso del suelo por provincia.....	16
Tabla 3. Categorías de uso del suelo	17
Tabla 4. Superficie y variación de usos de suelo para los años 1999-2009 y 2016	25
Tabla 5. Cambio de uso del suelo registrado entre los años 1999 y 2009.....	26
Tabla 6. Cambio de uso del suelo registrado entre los años 2009 y 2016.....	27
Tabla 7. Cambio de uso del suelo registrado entre los años 1999 y 2016.....	28
Tabla 8. Aumento de la forestación y áreas urbanas entre 1999 y 2016, en la región	28
Tabla 9. Número de incendios y superficie afectada por comuna.....	38
Tabla 10. Superficie afectada por comuna y vegetación afectada por el incendio Las Máquinas	44
Tabla 11. Cambios de usos del suelo afectados por el incendio Las Máquinas	47
Tabla 12. Ocurrencia nacional de incendios forestales por región, para el periodo 1998 – 2018	79
Tabla 13. Superficie nacional afectada por incendios forestales, periodo 1998 -2018	80
Tabla 14. Principales causas de los incendios forestales de los últimos 10 años	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	15
Figura 2. Usos de suelo de la Región del Maule año 1999	21
Figura 3. Usos de suelo de la Región del Maule año 2009	22
Figura 4. Usos de suelo de la Región del Maule año 2016	23
Figura 5. Uso forestal y zonas urbanas año 1999	30
Figura 6. Uso forestal y zonas urbanas año 2016.....	31
Figura 7. Interfaz Urbano Forestal de la zona afectada por el incendio, año 1999	32
Figura 8. Interfaz Urbano Forestal de la zona afectada por el incendio, año 2016	33
Figura 9. Número y superficie afectada por incendios forestales por mes, periodo 1998-2018	34
Figura 10. Número y superficie afectada por incendios forestales por región, periodo 1998-2018	35
Figura 11. Incendios en la Región del Maule, periodo 1998 - 2018	36
Figura 12. Distribución espacial de los incendios en la temporada 2016-2017	38
Figura 13. Número de incendios por comuna en la Región del Maule durante la temporada 2016-2017	39
Figura 14. Densidad de incendios en la Región del Maule durante la temporada 2016-2017	40
Figura 15. Comparativa de la zona de estudio la mañana del día 25 de enero (arriba) y el día 26 de enero (abajo), donde se observa el comportamiento extremo de los incendios.....	42
Figura 16. Perímetro del incendio Las Máquinas (usos de suelo correspondientes al año 1999).....	45
Figura 17. Perímetro del incendio Las Máquinas (usos de suelo correspondientes al año 2016).....	46
Figura 18. Área afectada por incendio forestal en localidad de Santa Olga.....	48
Figura 19. Antes y después del poblado de Santa Olga.....	49
Figura 20. Localidad de Santa Olga después del incendio Las Máquinas	50

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje es el máximo exponente de la evolución natural y cultural de un territorio, en él se pueden interpretar las tendencias seguidas por las actividades antrópicas, convirtiéndose en una notable fuente de información a este respecto y en determinadas ocasiones en un elemento de identidad para sus propios habitantes (Fernández, 2013).

En relación a esto, la cobertura del suelo (material físico en la superficie de la tierra) y sus usos (cómo las personas usan la tierra) son los principales determinantes de la estructura, funciones y dinámicas de la mayoría de los paisajes en el mundo (Fisher et al., 2005; Fu et al., 2001; Wu y Hobbs, 2002). En este sentido, los cambios que se producen en los usos del suelo y que son provocados por las actividades humanas, han sido catalogados como la fuerza modeladora más grande de la biósfera y son capaces de generar la mayor cantidad de pérdidas en los ecosistemas a nivel mundial, produciendo una serie de efectos, tanto en las funciones como en la composición y estructuras que poseen los ecosistemas, además de incrementar la vulnerabilidad de los ecosistemas y personas a los desastres naturales (Keith et al., 2013; Lambin et al., 2001; Valdez, 2012; Vitousek et al., 1997) y por otro lado, el estudio de los cambios en los usos del suelo permite entender la actual configuración del paisaje e identificar los impactos ambientales y sociales asociados a estas transformaciones (Andersen et al., 1996, Pan et al., 1999).

Considerando lo anterior, es posible señalar que la mayoría de los impactos se han producido por la pérdida y/o transformación de ecosistemas boscosos y praderas naturales en terrenos habilitados para el desarrollo agrícola, ganadero, forestal y urbano/industrial (Sala et al., 2000). Mundialmente, las actividades agropecuarias, junto con la extracción de madera, han causado una pérdida neta de 7 a 11 millones de km² de bosque en los últimos 300 años (Foley et al., 2005; Ramankutty y Foley 1999) y se estima que durante el último siglo, la mayor parte de los ecosistemas mundiales fueron afectados por el cambio de uso del suelo (Vitousek et al., 1997). Debido a esto, se considera que los cambios en el paisaje empiezan a ser devastadores, por lo que muchos de sus valores se están perdiendo irreversiblemente, creándose nuevos paisajes (Antrop, 2006).

Por otro lado, de forma paralela a la dinámica de expansión del bosque, se ha experimentado un importante desarrollo urbano dentro de zonas forestales o en contacto con los bosques, ya sea en forma de urbanizaciones o de casas aisladas (Font et al., 2016). Estas zonas en que el terreno forestal entra en contacto con zonas edificadas corresponden a las denominadas zonas de Interfaz Urbano-Forestal (IUF), y están especialmente sujetas al actual riesgo de incendio forestal (Font et al., 2016; Galiana, 2012). En efecto, el interés por la IUF se relaciona directamente con su consideración como un territorio de riesgo frente a los incendios forestales (Galiana, 2012), ya que existe un riesgo inminente de las viviendas e instalaciones, con los consecuentes impactos en la vida humana, cuyas pérdidas pueden ser irrecuperables y de montos incalculables (Castillo, 2013).

En relación a lo anterior, una de las actividades que caracteriza a muchas áreas de interfaz, especialmente en áreas mediterráneas con altas densidades de población en sus bordes, son los incendios forestales, más aun si se considera que durante las últimas décadas en muchas regiones del mundo los incendios forestales se han convertido en una gran preocupación debido al significativo aumento en su ocurrencia y severidad (Westerling et al., 2006). En este sentido, los cambios en el clima y su variabilidad (Westerling et al., 2006), así como también los cambios en el uso del suelo y la expansión de la IUF (Keeley et al., 1999), se pueden considerar los principales factores que estarían contribuyendo a una mayor frecuencia y extensión de los incendios.

En Chile, el fuego ha sido ampliamente utilizado a lo largo de su historia (Camus, 2006). En la Región del Maule, particularmente en la depresión central y planicies costeras, los incendios y desmonte para la ocupación de nuevas tierras para el cultivo se iniciaron tempranamente en la colonia y durante el siglo XX. En relación a esto, es importante considerar que la zona más afectada por incendios forestales es Chile central, donde existe un clima mediterráneo y domina la vegetación de tipo esclerófila (Luebert y Plischoff, 2006). En esta zona los incendios forestales tienen un gran impacto económico y social debido a la alta densidad poblacional, mientras estos ecosistemas son considerados altamente vulnerables a los impactos del cambio climático (González et al., 2011), lo que implica un cambio en el régimen de los incendios forestales (Burrows, 2008).

Cabe señalar, que se espera que el cambio climático produzca un incremento del peligro meteorológico medio así como de las situaciones extremas (Moreno et al., 2014), lo que tendría un impacto sustancial sobre los regímenes de incendios futuros en muchas regiones del mundo, produciéndose un aumento general de la superficie afectada y ocurrencia de incendios (De Groot et al., 2013). En Chile, la situación no es diferente, ya que el escenario climático proyectado para las próximas décadas predice una disminución significativa de las precipitaciones y el aumento de las sequías, lo que resultaría en un incremento en la ocurrencia y la superficie afectada por incendios, siendo las zonas más vulnerables a estos cambios en el régimen de incendios, aquellas regiones dominadas por extensas plantaciones y ecosistemas remanentes altamente fragmentados e invadidos por especies exóticas, principalmente por la homogeneidad y continuidad del combustible (González et al., 2011).

Debido a lo anterior, es importante considerar una adecuada gestión de los incendios en que se incluya la disminución de la peligrosidad y la resiliencia de los ecosistemas al fuego o fenómenos extremos (Moreno et al., 2014). En el caso de Chile, en la actualidad, el desarrollo humano y el crecimiento sostenido de la población hacia nuevos territorios, ha ocasionado una presión antrópica sobre los espacios naturales, lo que se ve reflejado, entre otros aspectos, en la ocurrencia y propagación descontrolada del fuego (Castillo, 2013), por eso es necesario que se desarrollen las acciones de prevención adecuadas, que permitan anticiparse a desastres como el incendios Las Máquinas.

El presente trabajo se enfoca en el fenómeno del cambio de uso del suelo y en el efecto que este tiene sobre la vulnerabilidad de los territorios a los incendios forestales. Para eso se analizaron los cambios de uso del suelo producido entre los años 1999, 2009 y 2016, así como también el incendio forestal producido en el año 2017 en la Región del Maule, Chile, específicamente el incendio denominado Las Máquinas, que fue considerado por los expertos como el primero de sexta generación y que consumió por completo la localidad de Santa Olga. Al analizar esta información, se determinarán los cambios producidos en las coberturas de los suelos a lo largo del tiempo en el área de estudio, así como también, cuáles han sido los principales usos afectados por el incendio del año 2017, para establecer si esto incide en la vulnerabilidad de los territorios frente a este tipo de perturbaciones.

Cabe señalar, que la estructura de este trabajo se compone en primer lugar, de un análisis de los usos y cambios de usos de suelo que se han producido en la Región del Maule, durante los años mencionados y luego de un análisis enfocado en los incendios producidos en la región durante la temporada 2016-2017 y finalmente del caso de estudio del incendio denominado Las Máquinas, que afectó a la localidad de Santa Olga, en la Región del Maule.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 Hipótesis

- Los cambios en los usos del suelo han comportado un crecimiento de las zonas urbanizadas y de la superficie forestal.
- Los cambios en los usos del suelo han generado un territorio más vulnerable a los incendios forestales.
- La Interfaz Urbano-Forestal en el área de estudio, se ha incrementado.
- El incendio forestal Las máquinas pone en evidencia la vulnerabilidad de la zona después de años de cambios en las dinámicas del paisaje.

2.2 Objetivo general

Analizar la vulnerabilidad del territorio en relación a los incendios forestales a partir del análisis de los cambios en los usos del suelo para los años 1999-2009 y 2016.

A partir de aquí se analizará el caso de estudio del incendio Las Máquinas para exponer cómo la afectación del incendio responde a los cambios en los usos del suelo acaecidos en el área de estudio.

2.3 Objetivos específicos

- Definir los cambios de uso del suelo de la Región del Maule, analizando los años 1999-2009 y 2016.
- Determinar si el cambio de uso del suelo, ha propiciado la vulnerabilidad del territorio frente a los incendios forestales.
- Determinar si la zona de Interfaz Urbano-Forestal del área de estudio, se ha incrementado con los años.
- Analizar el caso del incendio forestal Las Máquinas, Región del Maule, Chile.
- Analizar si el incremento de la urbanización y de la superficie forestal, propiciaron el incendio que consumió la localidad de Santa Olga.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Dinámica del paisaje y cambios en los usos de suelo

El concepto de paisaje es adoptado tanto para denotar un nivel de organización biológica (Turner y Gardner 2001) como para una expresión territorial de patrones de manejo (Tongway y Ludwig, 2009). Así, el paisaje es una cualidad del territorio, de todos los territorios, incluso de los aparentemente banales, de los más transformados por cambios de uso recientes, y de los que asisten al deterioro de sus señas de identidad y valores más importantes (Mata y Fernández, 2003). En este sentido, Martínez de Pisón (2000) señaló que una de las virtudes más significativas del territorio, es su paisaje, elemento que, a ojos humanos, es capaz de caracterizar una zona por su belleza y por sus formas, es decir, permite definir la personalidad geográfica de un lugar.

Por otro lado, se sabe que los cambios en el paisaje son motivados por perturbaciones de orden natural como inundaciones, sequías, terremotos, entre otros, pero también estos cambios son originados por la actividad antrópica asociada a procesos económicos (Vega, 2005), y están íntimamente ligados a la forma como en cada momento histórico se realiza la apropiación de los recursos naturales en un determinado espacio por parte de una comunidad (Rodríguez et al., 2016). Debido a esto, la rápida evolución de los requerimientos de la sociedad al medio, no sólo pone en peligro el equilibrio ambiental, sino también los valores colectivos que muchos paisajes tienen: su valor patrimonial (cultural e histórico), su valor como recurso económico, su valor en la prevención de los riesgos naturales y su valor incluso, simbólico (Nel-lo, 2003). Es por eso que es necesario saber interpretar y conocer cuáles son los elementos que componen el paisaje, cómo se interrelacionan entre sí y cuál es su dinámica, para así estar en posición de valorarlo por su calidad intrínseca y no sólo por su belleza, cualidad esta de notable subjetividad sujeta a la interpretación del individuo (Zoido, 2000). Por otro lado, es importante que el análisis del paisaje considere la interactividad entre diferentes elementos: biofísicos y sociales, económicos y culturales, patrimonial y prospectivo, que, combinados en un territorio, dan origen al paisaje (Bertrand, 2000).

Por otro lado, considerando que la cobertura del suelo y sus usos son los principales determinantes de la estructura, funciones y dinámicas de la mayoría de los paisajes del mundo (Fu et al., 2001; Wu y Hobbs, 2002), es de suponer que el cambio de uso del suelo afecta fuertemente la capacidad de los sistemas biológicos para soportar y satisfacer las necesidades humanas (Foley et al., 2005; Vitousek et al., 1997), incrementando la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las personas frente a los desastres naturales (Lambin et al., 2001). En este sentido, la mayoría de los impactos producidos se relacionan a la pérdida y/o transformación de ecosistemas boscosos y praderas naturales en terrenos habilitados para el desarrollo agrícola, ganadero, forestal y urbano/industrial (Sala et al., 2000), por lo que se ha tipificado al cambio de uso del suelo como el proceso responsable de la pérdida de integridad funcional de los ecosistemas (Vitousek et al., 1997), el factor clave de la pérdida de la biodiversidad (Sala et al., 2000) y la acción humana fundamental para detonar el cambio climático (Dale, 1997).

Es importante señalar que las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se conocen como usos del suelo y desde el punto de vista geográfico, los tipos de usos de suelo y su grado de explotación influyen en las variedades del paisaje y al modificarse ocasionan cambios en los usos del suelo (López et al., 2015). En relación a esto, el concepto de cambio de uso y cobertura de suelo, ha sido definido por muchos autores. Moutinho y Schwartzman (2005) definen el concepto como “la conversión de bosques en usos distintos al bosque”. También ha sido definido como la expresión dinámica de las actividades humanas sobre un espacio (Platt, 2004), mientras Peña (2007) identifica algunos ejemplos más comunes como: los cambios encontrados de uso agrícola a zonas urbanas, considerando también como cambio de uso cuando un cuerpo de agua deja de serlo y se convierte en una cobertura antropogénica o cuando alguno de los tipos de vegetación natural pierde esta condición. De esta forma, los cambios en los usos del suelo, producen impactos negativos que incluyen la alteración de los sistemas biofísicos y socioeconómicos en distintos niveles, además de ser uno de los factores plenamente implicados en la fragmentación de los ecosistemas y el cambio global, perturbando procesos y ciclos biogeoquímicos (Bocco et al., 2001; Pineda et al., 2009), por esto, los cambios en los

paisajes se vuelven extremadamente devastadores y muchos valores y recursos del patrimonio se pierden irreversiblemente (Antrop, 2004).

En Chile, una de las presiones más importantes sobre los ecosistemas han sido los cambios de uso y cobertura de suelo (Schulz et al., 2010) y en el área de clima mediterráneo de la zona central de Chile revelan una tendencia general hacia la reducción continua del bosque y matorral (Villablanca et al., 2011), siendo conocida como una de las zonas de América Latina que ha sido expuesta a cambios sustanciales del paisaje como resultado de los procesos inducidos por la actividad humana (Aguayo et al., 2009; Echeverría et al., 2011).

Cabe señalar, que en este trabajo se utilizarán los mapas de uso del suelo de la Región del Maule para realizar los análisis ya que estos permiten determinar de qué manera se ha utilizado el terreno del área de estudio durante los últimos años.

3.2 Interfaz Urbano-Forestal (IUF)

Alrededor de la mitad de la superficie terrestre ha sido directamente transformada por la acción humana en función de cubrir sus necesidades (Hooke et al., 2012). Por esto, el proceso de urbanización no sólo ha tenido efectos en el porcentaje de población urbana, sino también, en el crecimiento físico de las ciudades y el aumento continuo de sus límites urbanos (Henríquez et al., 2006a; Romero y López, 2007), expansión que se produce a través del proceso de cambio de uso y coberturas de suelo, en donde las coberturas naturales y seminaturales son reemplazadas por áreas urbanas (Henríquez et al., 2006a y b; Jat et al., 2008; Romero y López, 2007).

Bajo estas circunstancias, y a pesar de que el desarrollo de edificaciones en zonas de vegetación natural supone un reto ambiental en sentido amplio (fragmentación de hábitats, introducción de especies invasoras en espacios naturales, alteración del ciclo hidrológico, etc.) (Radeloff et al., 2005), en estas situaciones se utiliza el término de Interfaz Urbano-Forestal (IUF) o Wildland-Urban Interface (WUI), por la preocupación generada de la proliferación de asentamientos humanos en entornos forestales (Stewart et al., 2007). De

acuerdo a Vince et al. (2005), la IUF hace referencia a la coincidencia espacial de dos subsistemas territoriales, el social o urbano y el rural o forestal, y las interacciones que se establecen entre ambos, siendo extremadamente difícil fijar el límite entre el espacio urbano y el natural. Stewart et al. (2007) por su parte, consideran como componentes esenciales de la interfaz, la presencia humana, las características de la vegetación circundante y la relación de distancia hacia la interfaz. En este sentido, el termino IUF se utiliza preferentemente desde la perspectiva de los incendios forestales y considera que el territorio de interfaz es el susceptible de ser afectado por incendios forestales, pero al mismo tiempo constituye una fuente de peligro, pues se trata de un ámbito donde las probabilidades de ignición por causas humanas son mucho más frecuentes (Vilar et al., 2008). Es en estas zonas donde los incendios forestales pueden convertirse en verdaderos eventos catastróficos (Porterie et al., 2007; Theobald, 2007), afectando a extensas superficies que comprometen a espacios habitados, lo que hace aún más dificultoso el combate del fuego (Cohen, 2000).

3.3 Incendios forestales y vulnerabilidad del territorio

Un incendio forestal es aquel que se propaga libremente y de forma descontrolada (Julio, 2005) y los factores que regulan su iniciación, propagación y efectos son innumerables, porque comprometen procesos que abarcan aspectos tales como la actitud y cultura de la población humana, las características de las formaciones vegetales relacionada, los tipos de suelos, las condiciones topográficas, los cursos de agua, los regímenes climáticos y, en general, los intereses socioeconómicos comprometidos en los sitios afectados (Julio, 2012).

Bajo estas condiciones, se han establecido diferentes categorías de incendios, en relación a la evolución del comportamiento de los incendios forestales. Así, hasta hace un par de años, se registraban cinco generaciones: a) Primera generación, condicionada por la disponibilidad de combustible continuo que hay en la superficie, principalmente matorrales y hierbas; b) Segunda generación, la acumulación de combustible, permite fuegos más rápidos e intensos, que se propagan con focos secundarios puntualmente; c) Tercera generación, se caracteriza por la alta intensidad debido a la continuidad vertical y

homogeneidad de los bosques, fruto de la falta de gestión forestal; d) Cuarta generación, se registra un gran incendio forestal que se propaga por la masa forestal, jardines y casas sin dificultades, debido a la densidad de la vegetación y la continuidad de la carga de combustibles entre el bosque y la zona urbanizada; e) Quinta generación, se registran grandes incendios forestales simultáneos en las zonas de riesgo, con un comportamiento extremadamente rápido y virulento, atravesando las zonas urbanizadas (Costa et al., 2011).

En relación a esto, y debido a que durante los últimos años se han registrado condiciones que hasta ahora eran muy poco frecuentes, se está comenzando a explorar una Sexta generación de incendios, donde se generan condiciones en las que se libera tal nivel de energía que el fuego tiene la capacidad de modificar las características meteorológicas a su alrededor y crear lo que se denomina una tormenta de fuego, que conduce el incendio, generando aceleraciones, nuevas igniciones y, sobre todo, vientos erráticos que hacen imprevisible su rumbo (Brotons, 2018; Castellnou, 2017a). Cabe señalar, que esta denominación fue efectuada por Marc Castellnou del equipo de expertos en incendios forestales del Mecanismo de Protección Civil de la Unión Europea (EUCP), durante el incendio del año 2017 en Chile, donde señaló que se adicionaban a las características de un evento de Quinta generación, la capacidad del megaincendio de modificar las condiciones de la atmósfera a escala continental (Barrera, 2017; Castellnou, 2017b; CEP, 2017; Galilea, 2019).

Considerando lo anterior, los incendios forestales constituyen un problema cada vez más complejo debido a los graves impactos sociales y ambientales que producen, más aún cuando las áreas residenciales y los sectores de IUF están comprometidos, al producirse la destrucción de viviendas e impacto en los habitantes, con repercusiones y desastres a escalas inimaginables (Castillo et al., 2013). Este problema se presenta de una manera muy variable entre un país y otro, debido a las diferencias en las condiciones climáticas, vegetacionales, topográficas, uso de la tierra, niveles culturales y comportamiento de las poblaciones humanas, existentes entre las distintas regiones del mundo (Castillo, 2013).

En este sentido, las condiciones de sequía y la estacionalidad, han originado eventos de fuego que han ocasionado cuantiosas pérdidas ambientales y en bienes y servicios, debido a la cercanía a sectores poblados y a la presencia de grandes masas forestales (Álvarez, 2008; Tapia, 2008). Por otro lado, el crecimiento de áreas pobladas y la actividad agrícola e industrial, ha generado un aumento sostenido de incendios y en los niveles de gravedad de los mismos (Castillo et al., 2003). Como resultado de estas circunstancias, nos encontramos ante un nuevo paradigma donde los incendios ya no solo afectan la masa forestal, sino que también repercuten sobre las viviendas y las personas (Font et al., 2016).

Debido a lo anterior, se debe considerar que a medida que crece la demanda sobre los bosques, los terrenos arbolados y los pastizales, tanto por sus productos como por sus atractivos, unido a una población humana en aumento y a cambios climáticos futuros de carácter incierto, se incrementa el riesgo, lo que confiere una importancia creciente al manejo del fuego (Landsberg, 1997), esta es una línea de investigación interesante, que podría ser abordada en investigaciones futuras.

Por otra parte, bajo el contexto de los incendios forestales, aparece el concepto de vulnerabilidad, que corresponde al conjunto de características y circunstancias de un territorio, edificio o persona que los hacen susceptibles a padecer daños a causa de la amenaza (Rovira et al., 2017) y parece estar relacionada con la dispersión y el aislamiento de las zonas urbanizadas como posible foco de múltiples incendios (Salgado, 2016). Esta vulnerabilidad, ha sido calificada como el efecto combinado del factor riesgo, y el peligro que representa la vegetación combustible como atributos de velocidad de propagación y la resistencia al control que presenta frente a tareas de combate (Castillo et al., 2009). En este sentido, el efecto de la pendiente y la accesibilidad son también dos factores relevantes que inciden en el peligro de incendios, y que en muchas ocasiones determinan el grado de conflictividad en la propagación del fuego (Castillo et al., 2009). Cabe señalar, que esta vulnerabilidad aumenta en relación directa con la incapacidad del grupo humano para adaptarse al cambio, y determina la intensidad de los daños que puede producir (Calvo, 1997), por eso, la necesidad de entender las causas de la vulnerabilidad, la escala en la que ocurre y los principales actores involucrados para identificar oportunidades para la

reducción del riesgo, como afrontarlo y como adaptarse (Miller et al., 2010), pasa inevitablemente por el análisis de los cambios en los usos y las cubiertas del suelo.

3.4 Incendios forestales en un contexto de Cambio climático

El cambio de uso del suelo se ha convertido en un importante forzante del cambio climático regional y global (Brovkin et al., 2004; Chase et al., 2000; Claussen et al., 2001; Defries et al., 2002; Houghton et al., 1999); es considerado la primera causa de alteración del suelo (Foley et al., 2005; Lambin et al., 2001; Matson et al., 1997); y afecta, fuertemente, la capacidad de los sistemas biológicos para soportar y satisfacer las necesidades humanas (Foley et al., 2005; Vitousek et al., 1997). Tales cambios incrementan, a su vez, la vulnerabilidad de los ecosistemas y personas frente a desastres naturales (Lambin et al., 2001). En relación a esto, se ha registrado un aumento de los incendios forestales durante las últimas décadas en diferentes regiones del mundo, lo que se relaciona en parte con la sequía prolongada, sin embargo, se espera que estos continúen aumentando debido al cambio climático (Abatzoglou y Williams, 2016; Liu et al., 2014; Moritz et al., 2012; Mouillot y Field, 2005; Trenberth et al., 2007).

En este contexto, durante las últimas décadas, se ha registrado un cambio abrupto hacia primaveras inusualmente cálidas, reducidos montos de precipitación invernal, derretimiento temprano de la nieve en primavera y veranos más secos y prolongados, situaciones señaladas como las causas principales de la intensificación de los incendios (Westerling et al., 2006). Cabe señalar, que los modelos actuales de cambio climático coinciden en que habrá mayor severidad del tiempo atmosférico para los incendios en el futuro (De Groot et al., 2013). Se prevé que tanto la ocurrencia como la severidad de los incendios aumenten, dando lugar a incendios mayores y más superficie afectada, lo cual plantea serias dudas sobre la capacidad de los organismos del manejo de incendios para mitigar efectivamente los impactos futuros de los incendios (De Groot et al., 2013).

En el caso de Chile, el escenario climático proyectado para las próximas décadas señala una disminución pronunciada de las precipitaciones y el aumento de la recurrencia de sequías,

lo que resultaría en un incremento en la ocurrencia (número) y la superficie afectada por los incendios (González et al., 2011). Particularmente vulnerables a estos cambios en el régimen de incendios estarían aquellas regiones dominadas por extensas plantaciones y ecosistemas remanentes altamente fragmentados e invadidos por especies exóticas, derivado principalmente del tipo, homogeneidad y continuidad del combustible (González et al., 2011), más si se considera que la zona centro-sur de Chile, ha sufrido profundos cambios en el uso del suelo en las últimas décadas, los bosques nativos y las tierras degradadas han sido reemplazadas por una extensa matriz de plantaciones forestales, que ha cambiado la estructura del combustible (carga y continuidad) y la inflamabilidad del paisaje (Carmona et al., 2012; Echeverría et al., 2006; Nahuelhual et al., 2012, Taylor et al., 2017).

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Región del Maule

La Región del Maule se encuentra ubicada entre los 34° 41' y los 36° 33' de latitud sur y desde 70° 20' de longitud oeste. Limita al norte con la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, al sur con la Región del Biobío, al oeste con el Océano Pacífico y al este con el límite internacional de la República de Argentina. Tiene una superficie de 30.296,1 km² que representa el 4,0% de la superficie nacional (INE, 2018a; BCN, 2019).

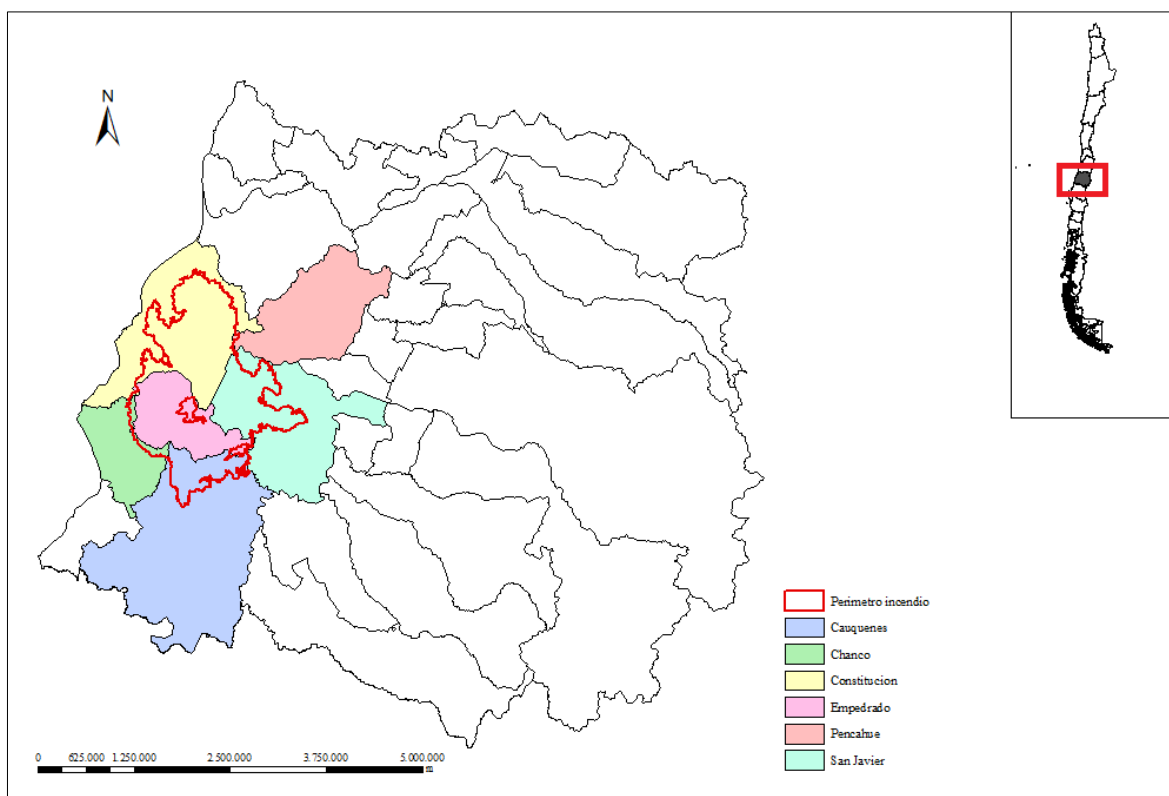
La región está constituida por cuatro provincias (Talca, Cauquenes, Curicó y Linares) y 30 comunas, siendo su ciudad capital Talca. Tiene una población de 1.064.615 habitantes y una densidad de 35,1 habitantes/ km² (INE, 2018a).

Por otro lado, aquí se concentra el 17,2% de la superficie nacional dedicada a rubros silvoagropecuarios, correspondiendo su uso principal a plantaciones forestales, seguidas por cereales, frutales, plantas forrajeras y viñas y parronales. Estos rubros en conjunto corresponden al 93,9% de la superficie de cultivos de la región (ODEPA, 2018).

4.2 Área afectada por el incendio Las Maquinas

El incendio Las Máquinas registrado en el mes de enero de 2017, afectó en distinto grado las comunas de Cauquenes, Chanco, Constitución, Empedrado, Penciahue y San Javier en la Región del Maule. De estas comunas, Chanco y Penciahue registran los mayores porcentajes de población rural con más del 56%, mientras las comunas de Cauquenes y Constitución registran los valores más bajos, con cerca del 20% (Figura 1 y Tabla 1).

Figura 1. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019b

Tabla 1. Población de comunas afectadas por el incendio

Comuna	Población total	Población urbana	Población rural	% Población urbana	% Población rural	% Pobreza
Cauquenes	40.441	33.114	7.327	81,9	18,1	28,4
Chanco	8.928	3.921	5.007	43,9	56,1	21,3
Constitución	46.068	37.273	8.795	80,9	19,1	23,9
Empedrado	4.142	3.008	1.134	72,6	27,4	25,2
Pencahue	8.245	3.438	4.807	41,7	58,3	21
San Javier	45.547	32.569	12.978	71,5	28,5	25,3

Fuente: INE, 2018b y MDS, 2018

Por otro lado, a partir del mapa de usos de suelo del año 2016, se determinó que el principal uso del suelo en la región corresponde a Plantaciones, cubriendo cerca del 21% de la superficie y ubicado mayormente en la zona costera y la precordillera, seguido de los Terrenos Agrícolas con el 20,5%, ubicados principalmente en la depresión intermedia, el

Bosque Nativo con el 19,2% y ubicado en la precordillera y en pequeños sectores de la costa y por último, las Praderas y Matorrales, con el 18,6% de la superficie entre el valle central y la cordillera de los Andes (Tabla 2).

Tabla 2. Uso del suelo por provincia

Usos del Suelo	Superficie (ha)									
	Cauquenes	%	Curicó	%	Linares	%	Talca	%	Total	%
Plantación	150.013	49,5	95.429	13,1	128.716	12,8	260.733	26,3	634.893	20,9
Terrenos Agrícolas	46.556	15,4	122.025	16,8	276.388	27,4	174.887	17,6	619.858	20,5
Bosque Nativo	43.527	14,4	174.197	23,9	217.747	21,6	146.042	14,7	581.514	19,2
Praderas y Matorrales	51.102	16,9	161.457	22,2	181.820	18,0	169.026	17,0	563.406	18,6
Áreas sin Vegetación	1.197	0,4	139.482	19,2	158.900	15,8	189.057	19,1	488.637	16,1
Nieves y Glaciares	0	0,0	15.949	2,2	18.435	1,8	13.977	1,4	48.363	1,6
Cuerpos de Agua	1.163	0,4	9.349	1,3	11.382	1,1	14.174	1,4	36.069	1,2
Áreas Urbanas e Industriales	1.486	0,5	7.220	1,0	9.331	0,9	8.565	0,9	26.602	0,9
Bosque Mixto	7.531	2,5	2.338	0,3	3.635	0,4	15.170	1,5	28.674	0,9
Humedales	265	0,1	772	0,1	1.005	0,1	700	0,1	2.744	0,1
Total General	302.843	100	728.223	100	1.007.362	100	992.335	100	3.030.764	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a y MINAGRI, 2019

Cabe señalar, que se escogió esta área de estudio, debido a que el incendio que se produjo en el año 2017 fue de gran repercusión y según los expertos de la Unión Europea (UE), corresponde al primero de sexta generación registrado a nivel mundial (Cavieres, 2017). Este siniestro en sus primeras 14 horas quemó 115 mil hectáreas al avanzar a una velocidad de 6 kilómetros por hora con una intensidad promedio de energía de 60 mil kilovatios/metro, lo que superó en diez veces la capacidad máxima de referencia de extinción de fuego a nivel mundial (6 mil kilovatios/metro) (ODEPA, 2017). Fue tal su magnitud que calcinó el pueblo de Santa Olga (mil viviendas) y tuvo la capacidad de alterar los comportamientos de patrones sinópticos de temperatura y humedad en todo Chile central (ODEPA, 2017).

5. METODOLOGÍA

5.1 Cambio de uso del suelo

Los datos utilizados para el análisis de los usos del suelo de la Región del Maule, fueron obtenidos de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2019a), específicamente del Sistema de Información Territorial (SIT), desde donde se obtuvieron las capas de información geográficas del “Catastro de los Recursos Vegetacionales y Uso de Tierra de la Región del Maule” para los años 1999 y 2009. Además, desde el Ministerio de Agricultura, específicamente desde la Infraestructura de Datos Espaciales del Ministerio de Agricultura (IDE_MINAGRI) (MINAGRI, 2019), se obtuvo la capa de información geográfica “Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra de la Región de Maule (VII)” correspondiente al año 2016.

Cabe señalar, que las capas obtenidas para el análisis de los cambios de uso del suelo para los 3 años mencionados, contenían una gran cantidad de categorías de usos de suelo, por lo que para poder realizar el análisis fue necesario homogeneizar las bases de datos, de manera que fuera posible realizar comparaciones. De esta manera, los datos fueron agrupados en categorías nuevas, en base a lo establecido por la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2018). Las categorías que se definieron para trabajar fueron las siguientes:

Tabla 3. Categorías de uso del suelo

Categorías nuevas	Categorías originales
Áreas urbanas e industriales	- Ciudades, pueblos, zonas industriales - Minería industrial
Terrenos agrícolas	- Terreno de uso agrícola - Rotación cultivo/pradera
Praderas y matorrales	- Pradera - Matorral-pradera - Matorral - Matorral arborescente - Matorral con suculentas - Formaciones de suculentas - Plantación de arbustos

Categorías nuevas	Categorías originales
Plantaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Plantación - Plantación joven o recién cosechada - Plantación con exóticas asilvestradas
Bosque nativo	<ul style="list-style-type: none"> - Bosque adulto - Bosque renoval o de segundo crecimiento - Bosque adulto-renoval - Bosque achaparrado
Bosques mixtos	<ul style="list-style-type: none"> - Bosque nativo-plantación - Bosque nativo con exóticas asilvestradas
Humedales	<ul style="list-style-type: none"> - Vegetación herbácea permanentemente inundada en orillas de ríos - Marismas herbáceas temporalmente inundadas por el mar - Ñadis herbáceos y arbustivos - Túrbales - Bofedales - Vegas - Otros Terrenos Húmedos
Áreas desprovistas de vegetación	<ul style="list-style-type: none"> - Playas y dunas - Afloramientos rocosos - Terrenos sobre el límite altitudinal de la vegetación - Corridos de lava y escoriales - Derrumbes aún no colonizados por vegetación - Otros terrenos sin vegetación - Cajas de río
Nieves eternas y glaciares	<ul style="list-style-type: none"> - Nieves - Glaciares - Campos de hielo
Cuerpos de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Ríos - Lagos, lagunas, embalses, tranques
Áreas no reconocidas	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas no reconocidas

Fuente: Elaboración propia con datos obtenido de CONAF, 2018

Una vez establecidas las categorías con las cuales se trabajaría, se procedió a realizar el análisis con el software Arcgis 10.5. Para esto, se utilizaron los 3 archivos de usos de suelo de la Región del Maule de los años 1999, 2009 y 2016.

En primer lugar y debido a que la información contenida en las Tablas de atributos era extensa fue necesario modificarlas, generando nuevas Tablas que contenían sólo los datos de las nuevas categorías (Tabla 3) y sus respectivas áreas, esto permitió reclasificar y

homogeneizar los datos. Luego, se realizó la fusión de los polígonos cuyos valores eran iguales en el campo “uso del suelo” de las nuevas Tablas de atributos.

Posteriormente, se realizó una rasterización y simplificación de los ráster, para hacerlos comparables entre ellos, incorporando los mismos valores para cada categoría en los 3 archivos. Finalmente, se realizaron las comparaciones entre los archivos, de la siguiente manera: años 1999-2009, 2009-2016 y 1999-2016. Con esta información se realizó el análisis de los cambios de usos del suelo de la Región del Maule.

5.2 Incendios Forestales

Los datos utilizados para el análisis de los incendios registrados durante la temporada 2016-2017 en la Región del Maule y del caso de estudio Las Máquinas, se obtuvieron de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2019b).

En primer lugar, utilizando la capa de puntos del incendio, se analizó el total de incendios registrados durante la temporada, determinándose la distribución espacial de estos en la región. Luego, se realizó una unión espacial para determinar el número de incendios que se registraron por comuna y posteriormente, un análisis de densidad de Kernel, para calcular la densidad de las entidades de punto de alrededor de cada celda ráster de salida, donde el valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto y alcanza cero en la distancia radio de búsqueda desde el punto (Esri, 2018).

Por otro lado, para el análisis del incendio Las Máquinas, se utilizó el perímetro del incendio y la información obtenida del análisis de cambio de uso del suelo. Para esto, se realizó un recorte de capas que permitió determinar cuales fueron los cambios de usos de suelo afectados por el incendio, entre los años 1999 y 2016.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros históricos indican que Chile Central ha experimentado profundas transformaciones del paisaje desde mediados del siglo XVI como resultado de la tala, la expansión de la agricultura y sobrepastoreo de ganado (Vogiatzakis et al., 2006), registrándose grandes cambios de coberturas y/o usos de suelo y por ende importantes presiones sobre los ecosistemas (Camus, 2006; Schulz et al., 2010). Algunos antecedentes muestran que las principales causas de la transformación del paisaje en esta zona fueron en un inicio la habilitación de campos agrícolas a expensas de la tala o quema de la vegetación nativa que cubría gran parte del territorio y, posteriormente, la expansión de las plantaciones forestales incentivadas por un fuerte subsidio estatal (Azócar y Sanhueza, 1999; Cisterna et al., 1999; Donoso y Lara 1996; Sanhueza y Azócar, 2000).

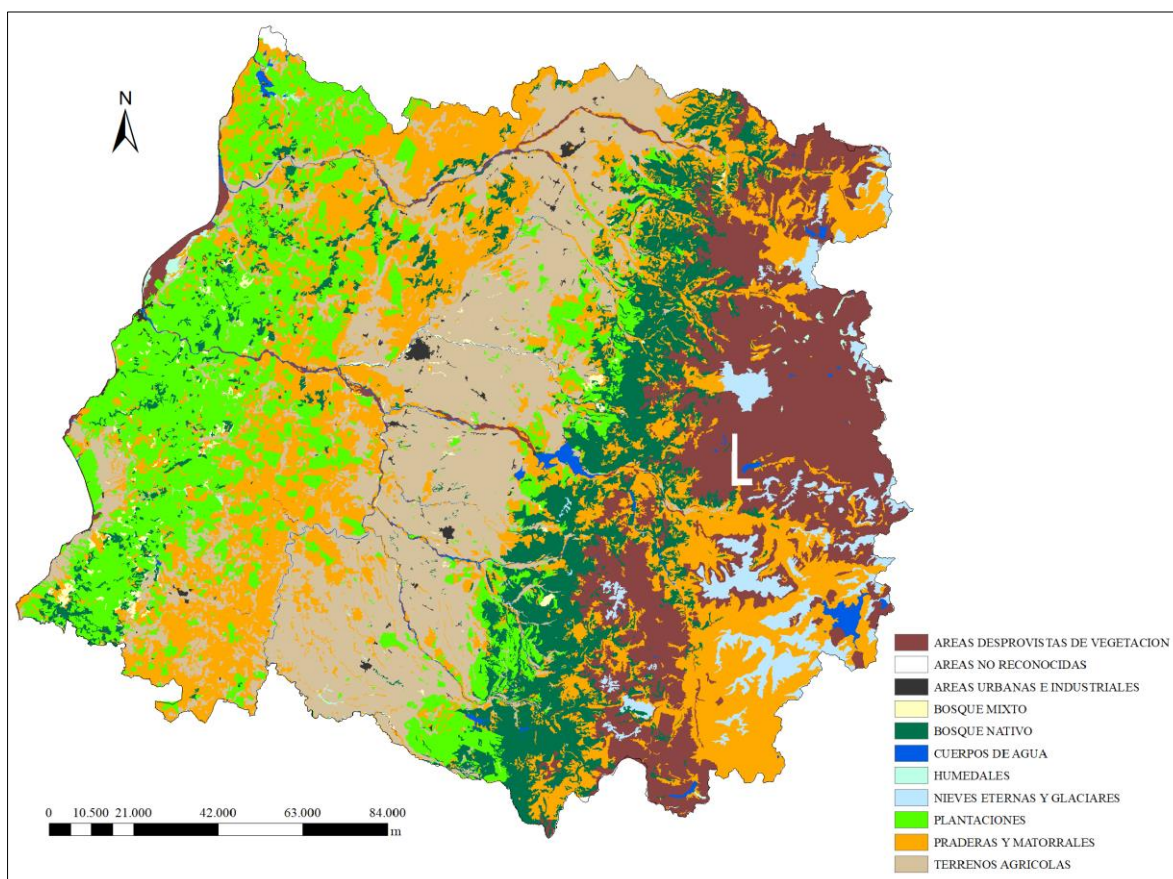
6.1 Usos de suelo Región del Maule, años 1999 - 2009 y 2016

Para comprender los cambios en los usos de suelo en la Región del Maule y explicar cuáles son los factores que hacen que el territorio sea más vulnerable, es necesario analizar estos cambios. Para esto, se analizaron 11 categorías de usos de suelo en la región, para los años 1999, 2009 y 2016, para luego determinar los cambios de uso del suelo producidos entre estos años.

6.1.1 Usos de suelo Región del Maule año 1999

En el año 1999 el 27,9% de la Región estaba recubierto de Praderas y Matorrales, seguido de Terrenos Agrícolas (22,9%) y Plantaciones (16,5%). En menor porcentaje se registraban zonas de Bosque Nativo (12,0%). Se observa una pequeña superficie cubierta por áreas Urbanas e Industriales (0,4%) (Figura 2 y Tabla 4).

Figura 2. Usos del suelo de la Región del Maule año 1999

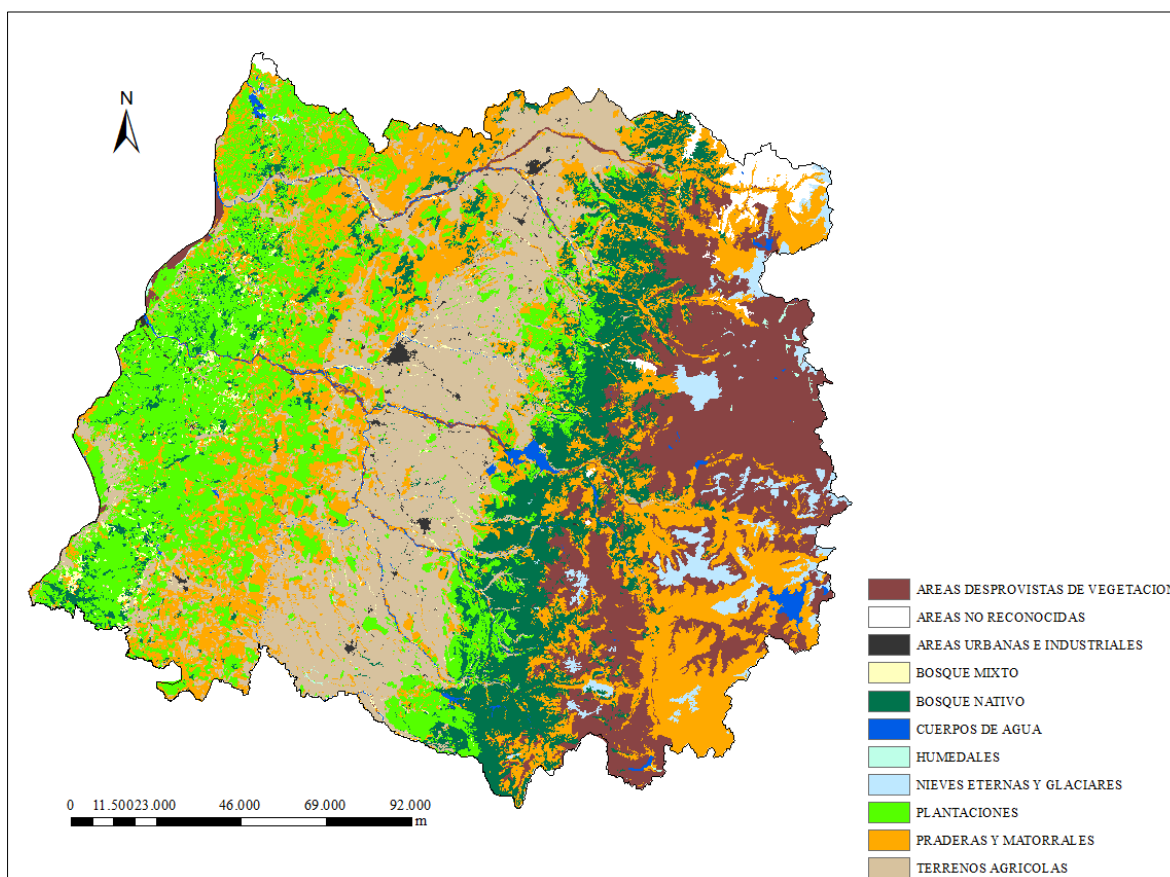


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a

6.1.2 Usos de suelo Región del Maule año 2009

En el año 2009 el 24,6% de la Región estaba recubierto de Praderas y Matorrales, seguido de Terrenos Agrícolas (22,0%) y Plantaciones (19,7%). En menor porcentaje se registraban zonas de Bosque Nativo (12,7%). Se observa una pequeña superficie cubierta por áreas Urbanas e Industriales (0,5%) (Figura 3 y Tabla 4).

Figura 3. Usos del suelo de la Región del Maule año 2009

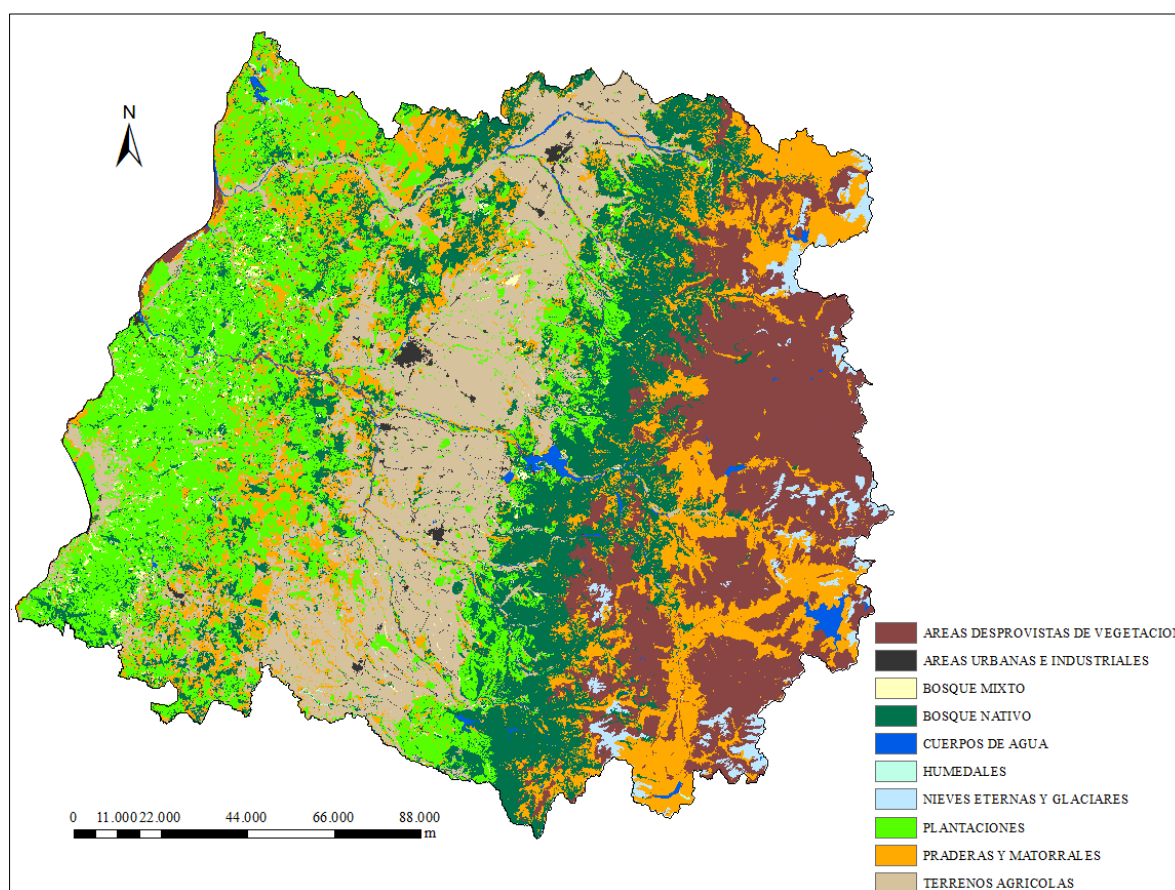


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a

6.1.3 Usos de suelo Región del Maule año 2016

En el año 2016 el 20,9% de la región estaba recubierto de Plantaciones, seguido de Terrenos Agrícolas (20,5%) y Bosque Nativo (19,2%). En menor porcentaje se registraron zonas de Praderas y Matorrales (18,6%). Se observa una pequeña superficie cubierta por áreas Urbanas e Industriales (0,9%) (Figura 4 y Tabla 4).

Figura 4. Usos del suelo de la Región del Maule año 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de MINAGRI, 2019

6.2 Cambio de usos de suelo Región del Maule, años 1999 - 2009 y 2016

Al analizar los años 1999, 2009 y 2016, se observan diversos cambios en los usos de suelo de la Región del Maule, registrándose tanto incrementos como disminuciones de superficie, por categoría. Cabe señalar, que para el análisis sólo se consideraron las categorías de Praderas y Matorrales, Terrenos Agrícolas, Plantaciones, Bosque Nativo, Bosque Mixto y Áreas Urbanas e Industriales.

Entre los años 1999 y 2009, los cambios más significativos se registraron para la cubierta de Bosque Mixto, que experimentó un crecimiento relativo del 85,0%, seguido de las Áreas Urbanas e Industriales, que registraron un crecimiento relativo de 29,4% y Plantaciones,

que experimentaron un crecimiento de 19,4%. Por otro lado, la mayor disminución se registró para la cubierta de Praderas y Matorrales (-11,8%) (Tabla 5).

Entre los años 2009 y 2016, los cambios más significativos se registraron para la cubierta de Bosque Nativo, que experimentó un crecimiento relativo de 51,4%, seguido de las Áreas Urbanas e Industriales, que registraron un crecimiento relativo de 64,51%. Por otro lado, la mayor disminución se registró para la cubierta de Praderas y Matorrales (-24,4%) (Tabla 5). Entre los años 1999 y 2016, los cambios más significativos se registraron para la cubierta de Áreas Urbanas e Industriales, que registraron un crecimiento relativo de 113,0%, seguido de Bosque Mixto, que experimentó un crecimiento de 76,8%, Bosque Nativo, que registró un crecimiento de 60,1% y Plantaciones, con un crecimiento de 27,0%. Por otro lado, la mayor disminución se registró en la cubierta de Praderas y Matorrales (-33,3%) (Tabla 4).

Tabla 4. Superficie y variación de usos de suelo para los años 1999-2009 y 2016

Usos del Suelo	Año 1999		Año 2009		Años 2016		Incremento			Incremento			Incremento		
							1999-2009			2009-2016			1999-2016		
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	% ¹	% ²	Superficie (ha)	% ³	% ²	Superficie (ha)	% ⁴	% ²
Praderas y Matorrales	845.252	27,9	745.335	24,6	563.404	18,6	-99.917	-11,82	-3,30	-181.931	-24,41	-6,00	-281.848	-33,34	-9,30
Terrenos Agrícolas	695.649	22,9	666.950	22,0	619.860	20,5	-28.699	-4,13	-0,95	-47.090	-7,06	-1,55	-75.789	-10,89	-2,50
Plantaciones	499.779	16,5	597.116	19,7	634.896	20,9	97.336	19,48	3,21	37.779	6,33	1,25	135.116	27,04	4,46
Bosque Nativo	363.294	12,0	384.065	12,7	581.513	19,2	20.771	5,72	0,69	197.447	51,41	6,51	218.218	60,07	7,20
Bosque Mixto	16.216	0,5	29.999	1,0	28.674	0,9	13.783	85,00	0,45	-1.324	-4,41	-0,04	12.458	76,83	0,41
Humedales	6.919	0,2	4.190	0,1	2.744	0,1	-2.729	-39,44	-0,09	-1.446	-34,52	-0,05	-4.175	-60,34	-0,14
Áreas sin Vegetación	472.540	15,6	452.102	14,9	488.639	16,1	-20.438	-4,33	-0,67	36.536	8,08	1,21	16.098	3,41	0,53
Nieves y Glaciares	87.869	2,9	68.279	2,3	48.363	1,6	-19.590	-22,29	-0,65	-19.916	-29,17	-0,66	-39.506	-44,96	-1,30
Cuerpos de Agua	28.719	0,9	31.664	1,0	36.069	1,2	2.944	10,25	0,10	4.405	13,91	0,15	7.349	25,59	0,24
Áreas Urbanas e Industriales	12.488	0,4	16.170	0,5	26.602	0,9	3.682	29,49	0,12	10.431	64,51	0,34	14.114	113,02	0,47
Áreas no reconocidas	2.481	0,1	35.341	1,2	-	-	32.859	1323,9	1,08	-	-	-	-	-	-
Total	3.031.211	100	3.031.215	100	3.030.765	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a y MINAGRI, 2019

¹ Porcentaje de incremento respecto al total de la categoría de 1999.

² Porcentaje de incremento respecto al total de la región.

³ Porcentaje de incremento respecto al total de la categoría de 2009.

⁴ Porcentaje de incremento respecto al total de la categoría de 2016.

6.3 Interpretación del cambio de uso del suelo por categoría de uso

Una vez obtenidas las superficies de cambio de uso del suelo en la Región del Maule, se efectuó un análisis en función de la variación producida entre los años 1999 - 2009, 2009 - 2016 y finalmente 1999 - 2016. Para esto se escogieron las categorías que representaban los cambios más significativos, sin considerarse las superficies que no registraron cambios para cada categoría.

6.3.1 Cambio de usos de suelo años 1999 - 2009

El principal cambio lo experimentaron las Praderas y Matorrales que fueron reemplazadas por Plantaciones (113.874 ha). Con relación a los Terrenos Agrícolas, la mayor superficie fue reemplazada por Praderas y Matorrales (35.803 ha). Por otro lado, para las Plantaciones, la mayor superficie fue reemplazada por Praderas y Matorrales (37.070 ha). Para la categoría Bosque Nativo, la mayor superficie fue reemplazada por Praderas y Matorrales (28.766 ha). Los valores de la diagonal corresponden a las superficies que no experimentaron cambios durante el período (Tabla 5).

Tabla 5. Cambio de uso del suelo registrado entre los años 1999 y 2009

Usos de suelo 1999	Usos de suelo 2009					Total año 1999
	Praderas y Matorrales	Terrenos Agrícolas	Plantaciones	Bosque Nativo	Áreas Urbanas e Industriales	
Praderas y Matorrales	608.158	35.776	113.874	48.829	351	806.989
Terrenos Agrícolas	35.803	615.658	29.198	3.621	4.378	688.660
Plantaciones	37.070	8.257	429.268	17.647	420	492.663
Bosque Nativo	28.766	2.264	16.201	306.129	82	353.443
Total año 2009	709.798	661.956	588.541	376.226	5.233	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a

6.3.2 Cambio de usos de suelo años 2009 - 2016

El principal cambio lo experimentaron las Praderas y Matorrales que fueron reemplazadas por Bosque Nativo (184.175 ha). Con relación a los Terrenos Agrícolas, la mayor superficie fue reemplazada por Praderas y Matorrales (38.346 ha). Por otro lado, para las Plantaciones, la mayor superficie fue reemplazada por Bosque Nativo (27.262 ha). Para la categoría Bosque Nativo, la mayor superficie fue reemplazada por Praderas y Matorrales (13.416 ha). Los valores de la diagonal corresponden a las superficies que no experimentaron cambios durante el período (Tabla 6).

Tabla 6. Cambio de uso del suelo registrado entre los años 2009 y 2016

Usos de suelo 2009	Usos de suelo 2016					Total año 2009
	Praderas y Matorrales	Terrenos Agrícolas	Plantaciones	Bosque Nativo	Áreas Urbanas e Industriales	
Praderas y Matorrales	405.175	25.758	51.609	184.175	1.142	667.860
Terrenos Agrícolas	38.346	583.157	22.483	10.799	9.276	664.063
Plantaciones	23.753	7.372	533.249	27.262	356	591.993
Bosque Nativo	13.416	1.183	8.537	352.031	68	375.237
Total año 2016	480.692	617.472	615.879	574.267	10.843	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a y MINAGRI, 2019

6.3.3 Cambio de usos de suelo años 1999 - 2016

El principal cambio lo experimentaron las Praderas y Matorrales que fueron reemplazadas por Bosque Nativo (206.474 ha). Con relación a los Terrenos Agrícolas, la mayor superficie fue reemplazada por Praderas y Matorrales (52.013 ha). Por otro lado, para las Plantaciones, la mayor superficie fue reemplazada por Bosque Nativo (38.036 ha). Para la categoría Bosque Nativo, la mayor superficie fue reemplazada por Praderas y Matorrales

(25.859 ha). Los valores de la diagonal corresponden a las superficies que no experimentaron cambios durante el período (Tabla 7).

Tabla 7. Cambio de uso del suelo registrado entre los años 1999 y 2016

Usos de suelo 1999	Usos de suelo 2016					Total año 1999
	Praderas y Matorrales	Terrenos Agrícolas	Plantaciones	Bosque Nativo	Áreas Urbanas e Industriales	
Praderas y Matorrales	352.966	46.276	142.107	206.474	1.312	749.136
Terrenos Agrícolas	52.013	556.192	47.618	20.636	13.146	689.607
Plantaciones	33.017	9.077	409.001	38.036	798	489.930
Bosque Nativo	25.859	2.441	19.199	301.731	73	349.304
Total año 2016	463.855	613.987	617.925	566.878	15.330	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a y MINAGRI 2019

6.4 Cambio de usos de suelo y vulnerabilidad del IUF frente a incendios forestales

De acuerdo al análisis realizado se observa que para el periodo comprendido entre el año 1999 y 2016, se ha registrado un aumento de la forestación de la zona, así como también de la urbanización (Tabla 8).

Tabla 8. Aumento de la forestación y áreas urbanas entre 1999 y 2016, en la región

Usos del Suelo		Año 1999	Años 2016	Aumento
		Superficie (ha)	Superficie (ha)	(ha)
Forestación	Plantaciones	499.779	634.896	135.117
	Bosque Nativo	363.294	581.513	218.219
	Bosque Mixto	16.216	28.674	12.458
Áreas Urbanas e Industriales		12.488	26.602	14.114

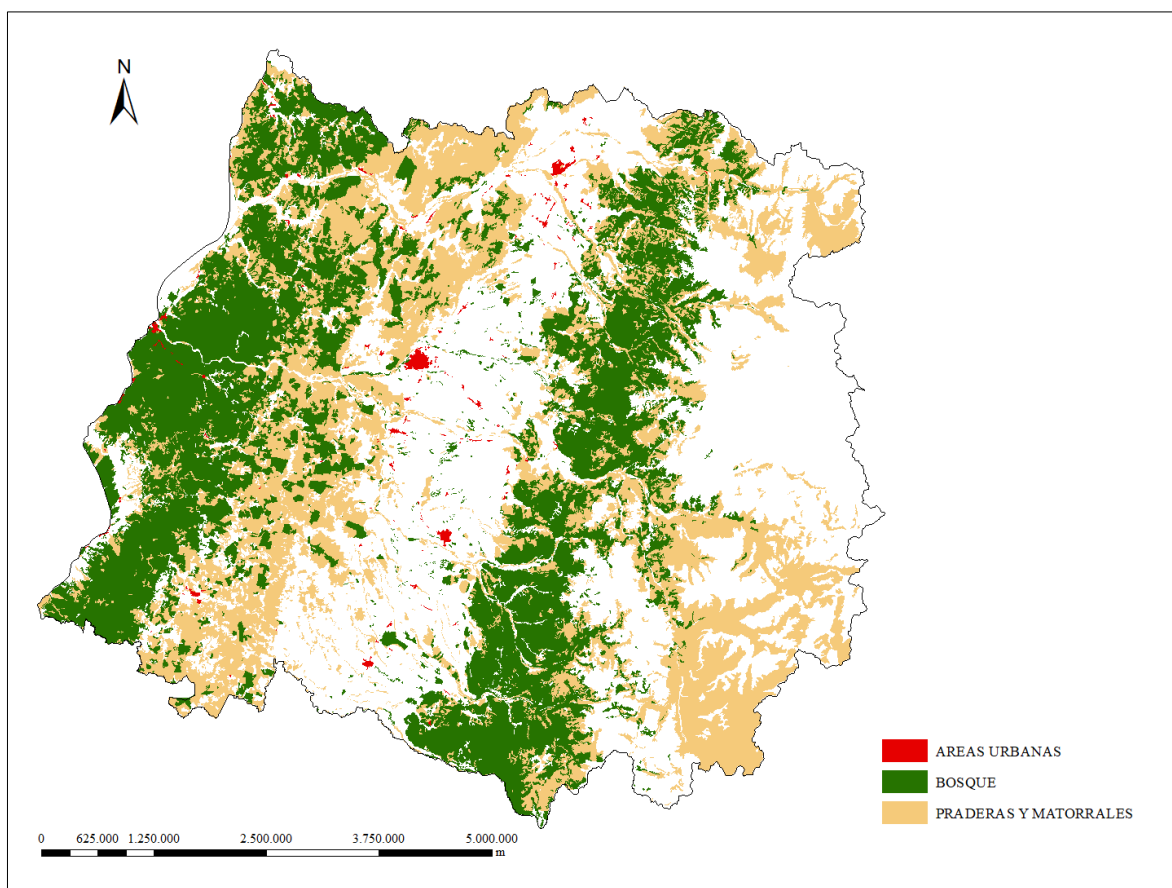
Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a y MINAGRI, 2019

Del análisis se puede desprender que entre los años 1999 y 2016, se registró un aumento de más de 300.000 ha. correspondientes a forestación (categorías de Plantaciones, Bosque Nativo y Bosque Mixto), de las cuales más de 130.000 ha. corresponden sólo a Plantaciones. Por otro lado, se registró un aumento de cerca de 14.000 ha. correspondientes a áreas urbanas. Estas condiciones, sin duda contribuyen a una situación de mayor vulnerabilidad, que hace urgente una adecuada gestión de estos territorios con la finalidad de prevenir y anticiparse a grandes desastres como el incendio Las Máquinas.

En este sentido, es importante considerar que una de las actividades que caracteriza a muchas áreas de interfaz especialmente en áreas mediterráneas con altas densidades de población en sus bordes, son los incendios forestales (Castillo, 2013) y que cuando estos ocurren o alcanzan la IUF, muchas veces se producen pérdidas humanas no relacionadas con el combate de incendios y destrucciones de viviendas, generando impactos económicos y sociales que pueden tener una larga duración (Stephenson et al., 2013), es decir, estos incendios llevan implícito no sólo la emergencia del incendio forestal en zonas de interfaz, sino su afectación a la población, las viviendas, las vías de comunicación, las zonas industriales, etc. (Badia et al., 2010).

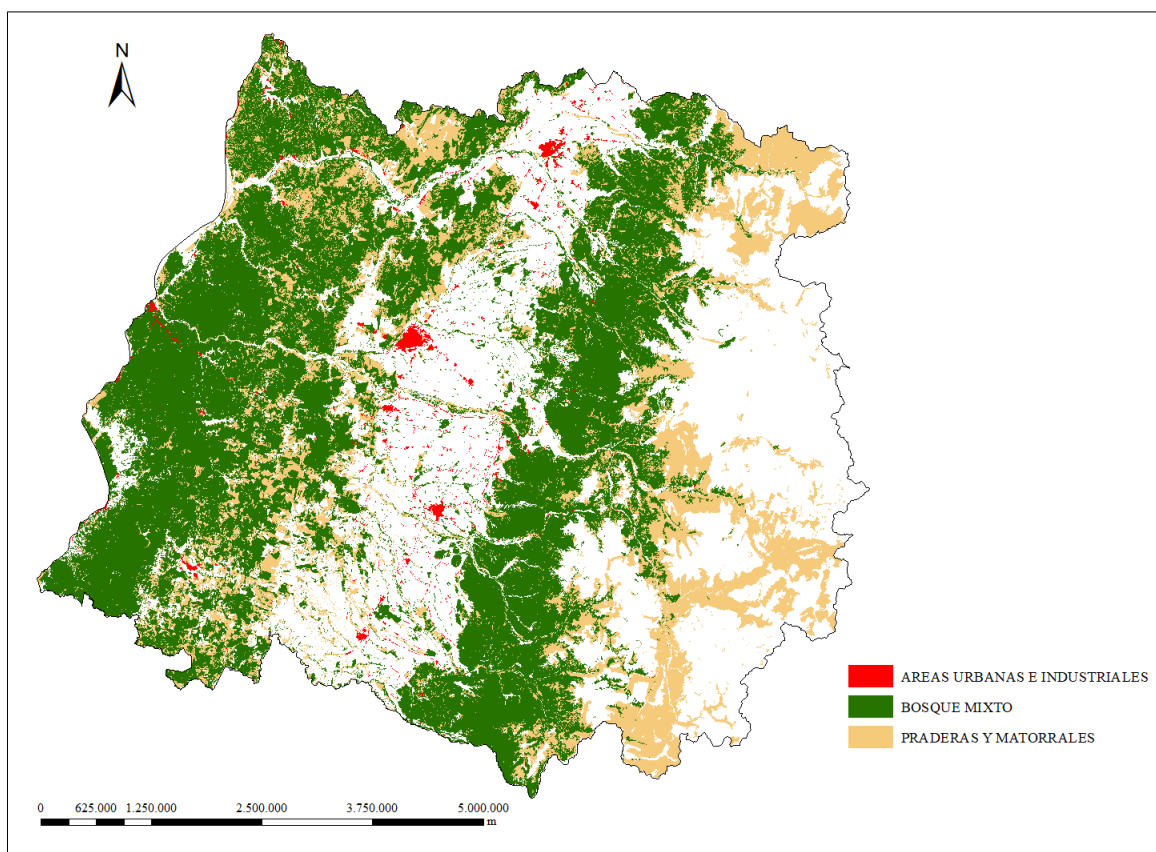
Una vez realizado el análisis anterior, se realizó una comparación entre la situación registrada en los años 1999 y 2016, que permitió observar el aumento de la forestación y de la urbanización que se ha producido en la Región del Maule (Figuras 5 y 6), lo que se ve reflejado además, en la Tabla 8.

Figura 5. Uso forestal y zonas urbanas año 1999



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a

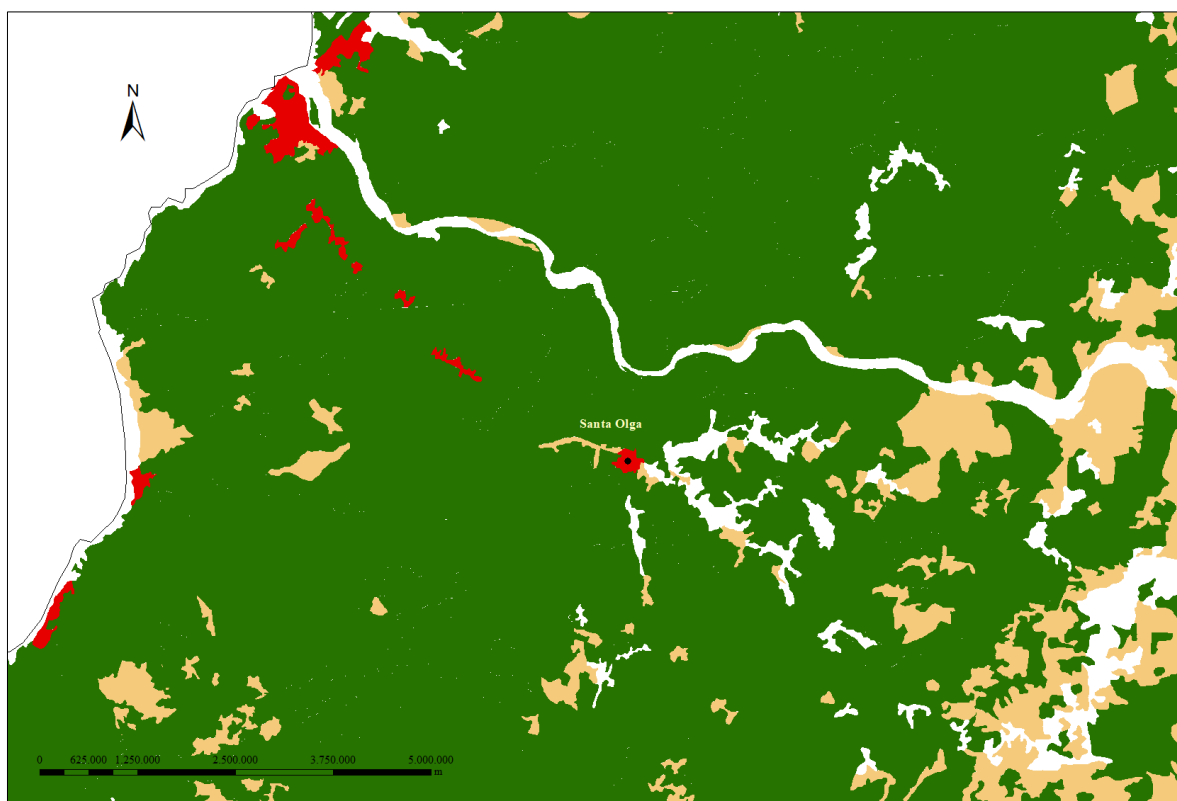
Figura 6. Uso forestal y zonas urbanas año 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de MINAGRI, 2019

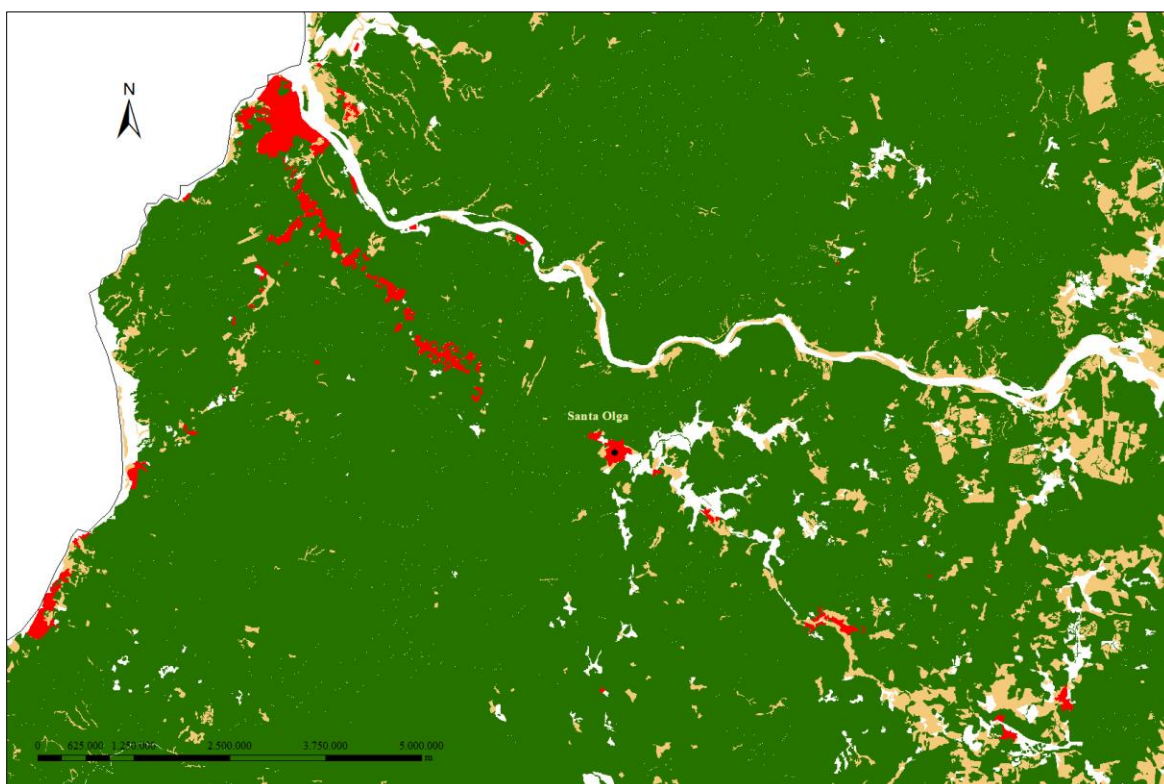
Por otro lado, considerando que en la zona central de Chile, caracterizada por tener la mayor densidad poblacional del país, una alta actividad agrícola y forestal y que históricamente se han registrado la mayor ocurrencia de incendios (Fernández et al., 2010), cuyo impacto ha afectado una matriz urbano-rural que va más allá de las fronteras vegetacionales, y donde además, la cantidad y capacidad destructiva de los incendios forestales son mayores, principalmente por las condiciones climáticas y los problemas de la presión humana (Úbeda y Sarricolea, 2016), se realizó un análisis que permitió observar la situación registrada en las áreas IUF en la zona de estudio, entre los años 1999 y 2016, donde se observa el aumento de la urbanización, que se encuentra inmersa en zonas de forestación (Figuras 7 y 8), esto se ve reflejado además, en la Tabla 8.

Figura 7. Interfaz Urbano Forestal de la zona afectada por el incendio, año 1999



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a

Figura 8. Interfaz Urbano Forestal de la zona afectada por el incendio, año 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de MINAGRI, 2019

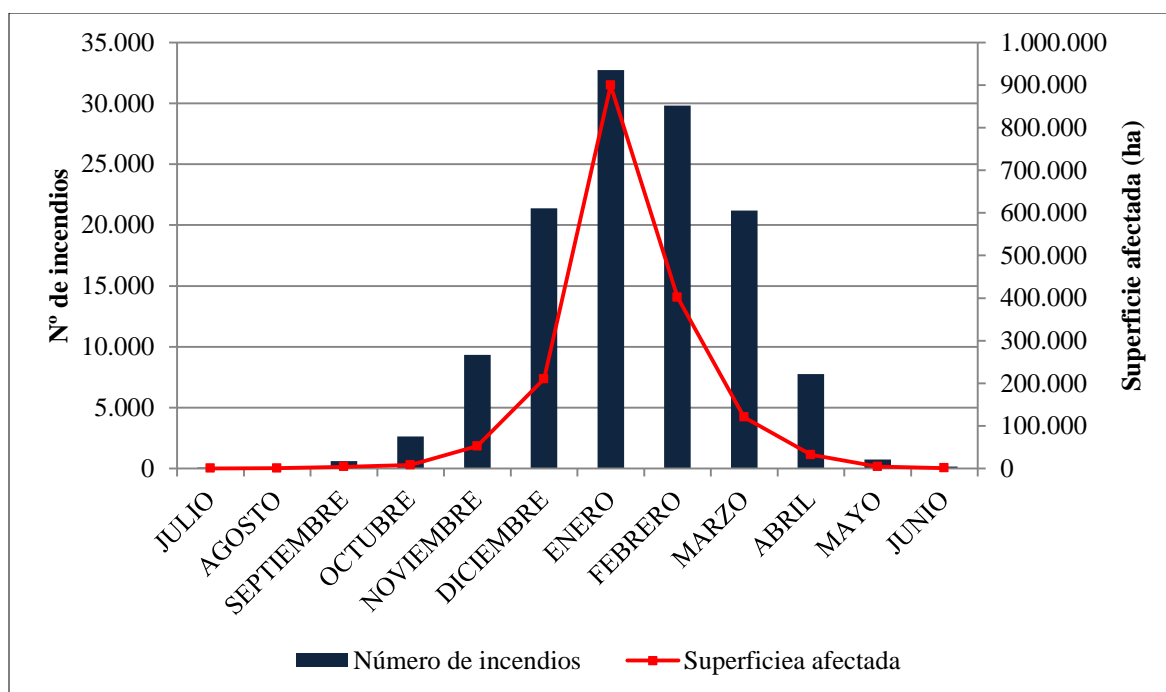
Cabe señalar que en Chile, los asentamientos no programados adecuadamente en terrenos que antes pertenecían a zonas boscosas, generalmente están asociados a sectores de marginalidad, en donde el confinamiento de familias de escasos recursos se hace evidente en zonas de exclusión, donde conforman un área semi consolidada, caracterizada por la presencia incompleta de servicios de calidad, y con evidentes signos de desorganización estructural, especialmente en relación a vías de acceso e infraestructura para la atención de emergencias (Castillo, 2013).

6.5 Incendios forestales ocurridos entre 1998 y 2018 en Chile

En Chile de acuerdo a información de CONAF (2019c) la mayoría de los incendios se produce en verano, cuando las temperaturas son altas y las condiciones ambientales permiten que el fuego, originado por el ser humano, encuentre las condiciones favorables

para la propagación. Así, el período en el cual existe mayor probabilidad de registrar incendios, está entre los meses de octubre y abril. De acuerdo al análisis realizado, durante el periodo 1998 - 2018, el mayor número de incendios y de hectáreas quemadas se registraron durante el verano y con mayor intensidad en los meses de enero, febrero, diciembre y marzo (ordenados de más a menos) registrándose el 83,1% de los incendios, coincidiendo además con una mayor superficie quemada (93,9%) (Figura 9 y Tablas 12 y 13 de Anexo).

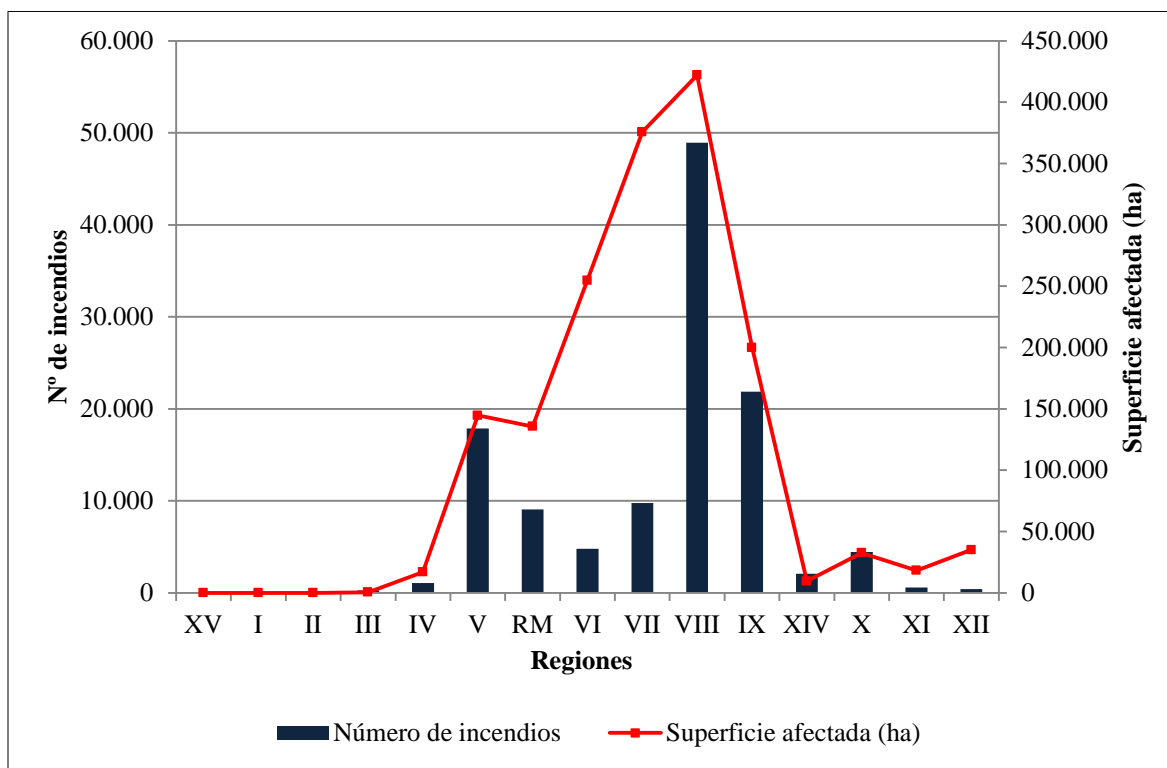
Figura 9. Número y superficie afectada por incendios forestales por mes, periodo 1998-2018



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019c

Por otro lado, al analizar los incendios registrados en cada región de Chile, se observan diferentes comportamientos en lo que respecta al número de incendios y superficie afectada. De esta manera, las regiones con un mayor número de incendios no necesariamente son las que tienen una mayor superficie afectada por los incendios (Figura 10). Durante el periodo analizado, hubo aproximadamente 120 mil incendios, con una superficie total quemada de más de 1,5 millones de hectáreas (Tablas 12 y 13 de Anexo) (CONAF, 2019d).

Figura 10. Número y superficie afectada por incendios forestales por región, periodo 1998-2018



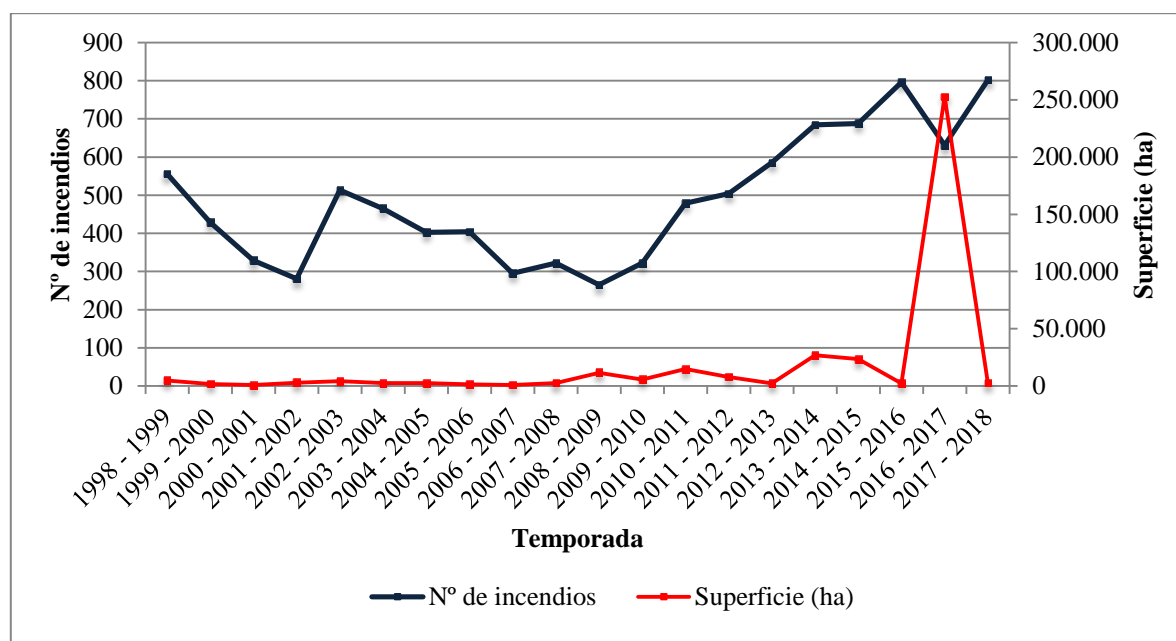
Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019c

Es importante considerar que Chile es un país con grandes extensiones de bosques y plantaciones forestales, por lo que no está ajeno a los incendios forestales, los que ocurren no sólo en la zona climática mediterránea del país, sino también en las zonas climáticas más húmedas y templadas de su vasto territorio, siendo percibidos como uno de los principales problemas medioambientales (Castillo et al., 2003; Úbeda y Sarricolea, 2016). En este sentido, los cambios en el clima y su variabilidad (Westerling et al., 2006), así como también los cambios en el uso del suelo y la expansión de la IUF (Keeley et al., 1999), han sido indicados como los principales factores que estarían contribuyendo a una mayor frecuencia y extensión de los incendios.

6.6 Incendios en la Región del Maule, Chile

Para el periodo 1998- 2018, en la Región del Maule se registró un promedio aproximado de 488 incendios por temporada⁵, observándose irregularidades en algunas de ellas, lo que podría atribuirse a la combinación de los factores de riesgo y peligro, en periodo de alta ocurrencia de incendios forestales (Castillo, 2013; CONAF, 2019d). Cabe señalar que durante el año 2017, la superficie afectada se incrementó por el incendio forestal Las Máquinas, que afectó alrededor de 160.000 hectáreas y que será analizado más adelante (Figura 11).

Figura 11. Incendios en la Región del Maule, periodo 1998 - 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019c

6.7 Incendios forestales temporada 2016-2017

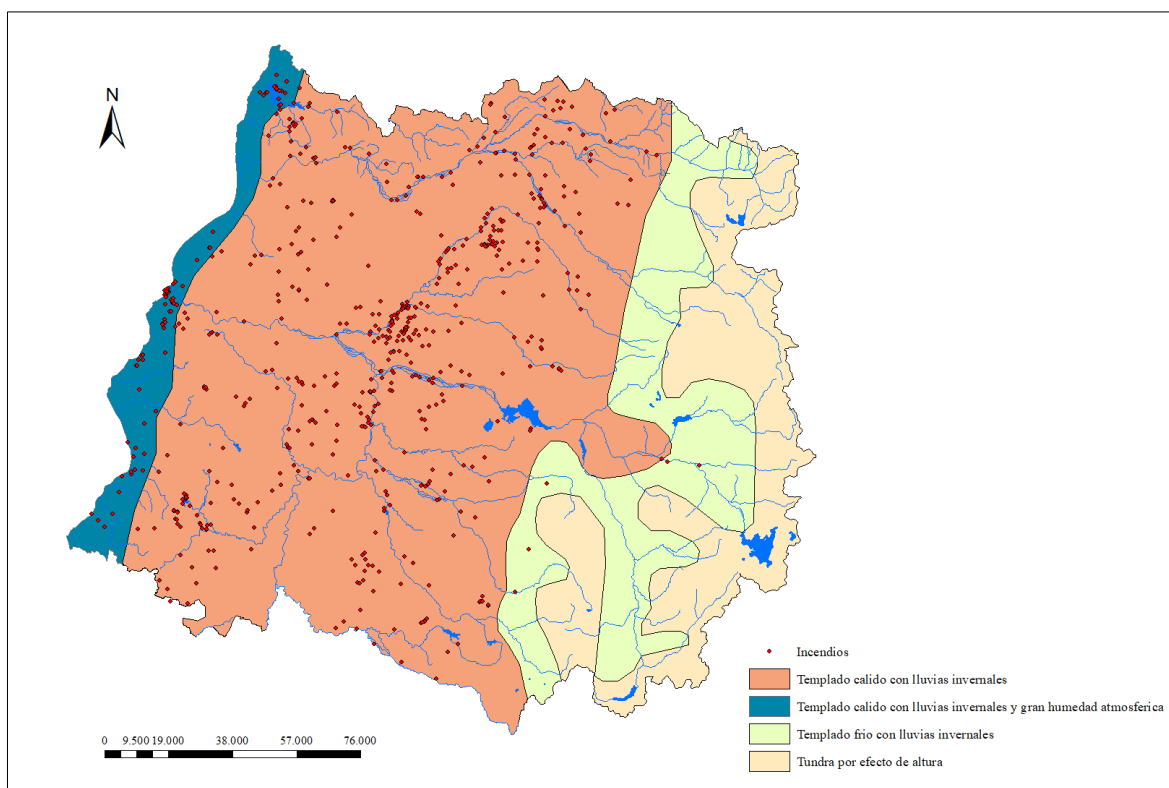
Para la temporada en que se enmarca el caso de estudio (2016 -2017), en la Región del Maule se registraron 631 incendios forestales que afectaron más de 200.000 ha., lo que representa un aumento significativo de la superficie afectada respecto a los años anteriores.

⁵ La temporada estadística de recopilación de información de incendios forestales abarca desde el 1 de julio de un año hasta el 30 de junio del año siguiente.

Cabe señalar que, si bien el número de incendios registrados durante la temporada es menor, se afectó una superficie mucho mayor (Tablas 12 y 13 de Anexos) (CONAF, 2019d).

Por otro lado, la mayor parte de la ocurrencia de incendios se concentra en altitudes menores, donde además, se concentra la mayor parte de la superficie urbanizada, lo que podría estar relacionado a la mayor ocurrencia de incendios, debido a que en Chile el origen de estos, recae principalmente en la acción humana. Según CONAF (2019c) el 99,7% de los incendios se inician ya sea por negligencias o intencionalidad (Tabla 13 de Anexo). Además, se debe considerar que la altitud está ligada a la distribución de los combustibles y su contenido de humedad, ya que en zonas más altas se da paso a una vegetación más rastrera y la temperatura desciende, por tanto, existe una escasa acumulación de combustible, y se mantiene la humedad prácticamente durante todo el año (Martín et al., 1998). En relación a esto, en la Figura 12 se representa la distribución espacial de los incendios registrados durante la temporada de incendios 2016-2017 y es posible observar que en las zonas más bajas de la región, se registró el mayor número de incendios, mientras las zonas de mayor altura, se registra un menor número de incendios.

Figura 12. Distribución espacial de los incendios en la temporada 2016-2017



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019b

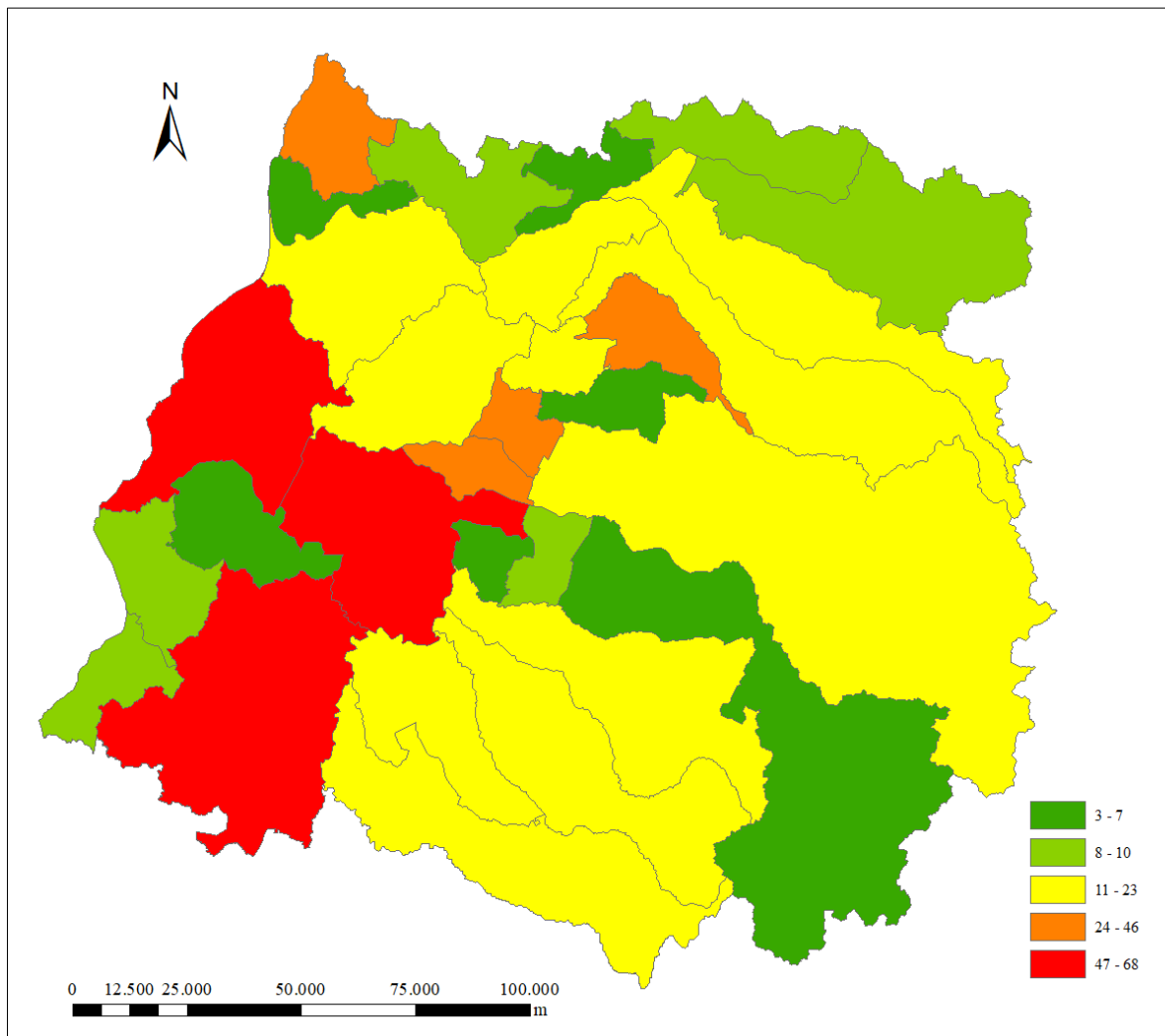
Con relación al número de incendios registrados en la zona de estudio durante la temporada 2016-2017, el mayor número de incendios se registró en la comuna de Constitución, sin embargo, la mayor superficie afectada se registró en la comuna de Cauquenes (Tabla 9).

Tabla 9. Número de incendios y superficie afectada por comuna

Comuna	Nº de incendios	% de incendios	Superficie total (ha)
Cauquenes	56	26,0	181.454,1
Chanco	11	5,1	78,1
Constitución	66	30,7	158,4
Empedrado	8	3,7	91,9
Pencahue	16	7,4	24,8
San Javier	58	27,0	5249,8
Total	215	100	187.057,1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019b

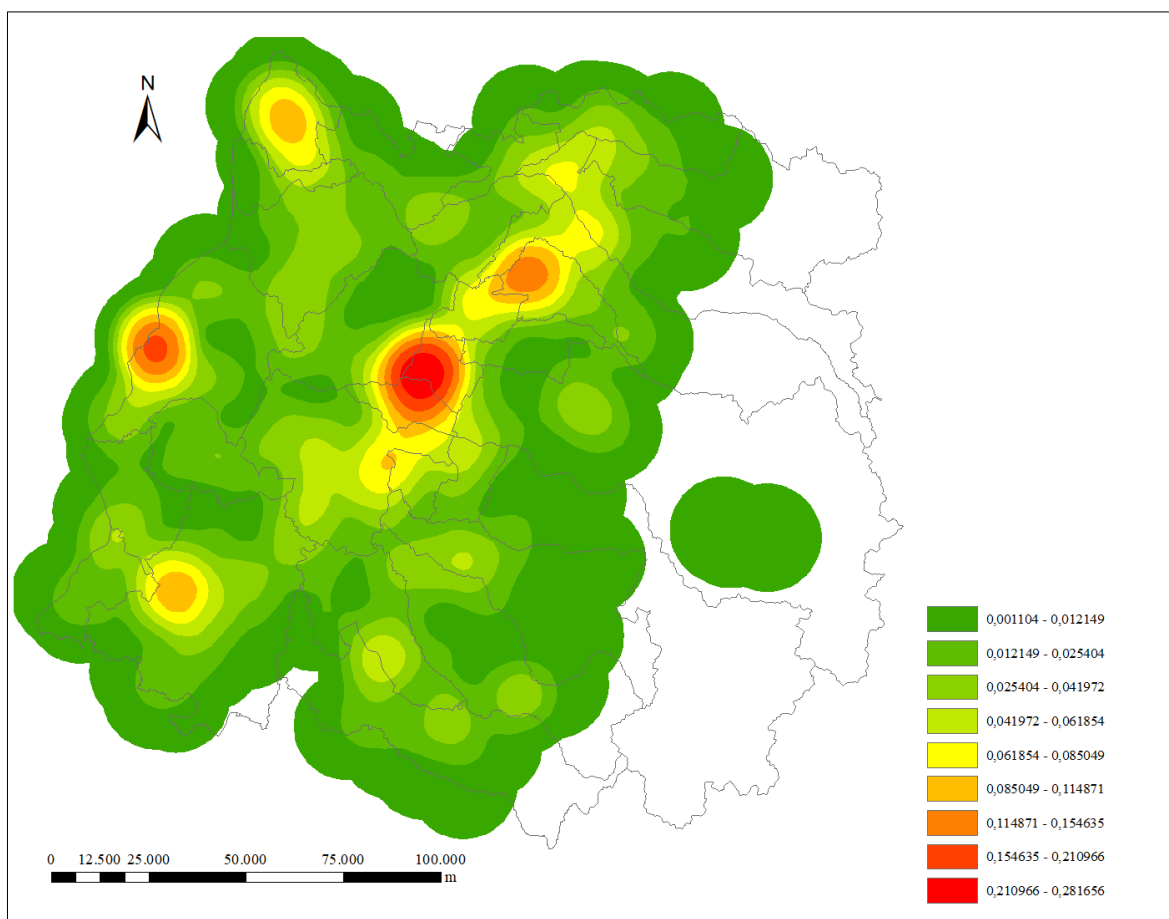
Figura 13. Número de incendios por comuna en la Región del Maule durante la temporada 2016-2017



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019b

Por otro lado, al realizar el análisis de densidad de Kernel para la temporada de incendios 2016-2017, se establecieron las zonas donde se concentraron los incendios forestales. De esta manera, las zonas de colores más oscuros reflejan la más alta densidad de incendios y las zonas de colores más claros, la menor densidad (Figura 14).

Figura 14. Densidad de incendios en la Región del Maule durante la temporada 2016-2017



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019b

6.8 Caso de estudio: Incendio forestal Las Máquinas Región del Maule, Chile

6.8.1 Megaincendio forestal año 2017

En el año 2017, ocurrieron los incendios forestales de mayor intensidad en la historia del país superando todo tipo de registros. El aumento de la superficie anual quemada fue de 1.250%, en comparación al promedio de los últimos cinco años, llegando a un total de cerca de 590.000 hectáreas, de las que destacan unas 400 mil de gran riqueza forestal, entre plantaciones forestales, bosques, pastizales y suelos de cultivo agrícola (CONAF, 2017; Galilea, 2019). La dimensión de la devastación fue enorme y, probablemente, nunca habrá claridad de las consecuencias ecológicas, sociales y económicas. Las regiones afectadas

presentan alta población rural e índices de pobreza por sobre la media nacional (10,4%) (CASEN, 2015), por lo que cualquier pérdida de patrimonio natural y productivo supone un alto impacto socioeconómico para los habitantes de las zonas afectadas.

Este megaincendio forestal se registró entre mediados de enero y comienzos de febrero del año 2017 en la zona centro-sur de Chile, afectando principalmente las regiones de O'Higgins, Maule y Biobío (CEP, 2017) y se debió a una combinación de factores. Así, la combinación de condiciones meteorológicas adversas, configuró una situación que los organismos que combaten incendios forestales consideran como "extrema", esto se refiere a las condiciones climáticas que, juntas, activan una propagación rápida del fuego: 30 o más grados centígrados de temperatura, menos de un 30% de humedad del ambiente, más de 30 Km/hr de velocidad del viento y más del 30% de pendiente (Martínez, 2010; Subsecretaría del Interior, 2017).

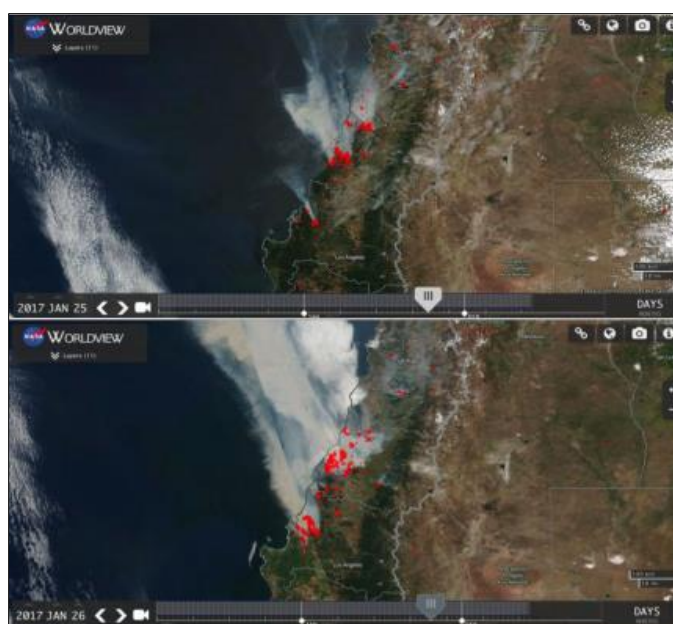
Por otro lado, la prolongada sequía declarada en Chile, que viene desde 2009, produjo un alto estrés hídrico de la vegetación que generó una gran cantidad de material combustible, así mismo las lluvias tardías de la primavera 2016 generaron el crecimiento inusual de hierbas que al momento del incendio se encontraban secas, además, el calor extremo (las temperaturas del mes de enero del año 2017 fueron las más altas registradas históricamente en el país) reseco el ambiente, contribuyendo con la proliferación de focos y avance rápido de las llamas (CEP, 2017; Subsecretaría del Interior, 2017).

Además, la expansión continua de los ámbitos urbanos (ciudades y pueblos), la cual duplicó la IUF, además de un aumento de las actividades en espacios naturales y la creciente actividad inmobiliaria expansiva, incrementaron el riesgo de ocurrencia de incendios forestales (Mascareño, 2015; Subsecretaría del Interior, 2017).

Este episodio generó incendios de proporciones gigantescas, con características diferentes a todo lo conocido, siendo catalogado por especialistas de la Unión Europea como una "Tormenta de Fuego" extrema con propagaciones ultra rápidas, caracterizada por la alta simultaneidad de incendios propagándose a gran velocidad, intensidad y continuidad,

registrándose algunos días más de 500 focos de incendios simultáneos (Castellnou, 2017b; Galilea, 2019). Esta “Tormenta de Fuego”, además fue catalogada de sexta generación por este, ya que adicionó a las características de un evento de quinta generación (continuidad de combustible, rapidez de propagación, alta intensidad energética, daño a zonas urbanas y simultaneidad de ocurrencia por efecto de cambio climático), la capacidad de modificar las condiciones de la atmósfera a escala continental (Castellnou, 2017b). Esto fue demostrado por Castellnou mediante imágenes satelitales en las cuales se puede observar cómo la columna de humo que tiene escala planetaria, provocada por los incendios cubre gran parte del océano pacífico y se retroalimenta de corrientes frías para continuar avanzando (Figura 15), produciéndose una tormenta de fuego que avanzó a una velocidad de 8.240 ha/hr., haciendo interactuar todos los incendios en la zona central de Chile a un radio de 800 km de distancia. Señaló además, que el mayor incendio registrado en Europa avanzó 27.000 ha. en 12 horas, mientras el megaincendio consumió 115.000 ha. en 14 horas, por lo que este megaincendio es uno de los grandes incendios a escala planetaria y tiene su base en el cambio climático, ya que en ese momento todo un ecosistema estaba fuera de su rango desde hace 8 ó 9 años, por lo que los incendios aprovecharon como perturbación, ese fenómeno (Castellnou, 2017b).

Figura 15. Comparativa de la zona de estudio la mañana del día 25 de enero (arriba) y el día 26 de enero (abajo), donde se observa el comportamiento extremo de los incendios



Fuente: EUCP, 2017

6.8.2 Incendio forestal Las Máquinas

Un ejemplo de lo extremo de estos eventos fue el incendio denominado Las Máquinas, el cual se desarrolló en las comunas de Cauquenes, Empedrado, Chanco, Penciahue, Constitución y San Javier, y que afectó alrededor de 159.000 ha. Según Castellnou, este siniestro en sus primeras 14 horas quemó 115 mil hectáreas al avanzar a una velocidad de 6 kilómetros por hora con una intensidad promedio de energía de 60 mil kilovatios/metro, lo cual superó en diez veces la capacidad máxima de referencia de extinción de fuego a nivel mundial (6 mil kilovatios/metro). Fue tal su magnitud que tuvo la capacidad de alterar los comportamientos de patrones sinópticos de temperatura y humedad en todo Chile Central, llegando su influencia incluso hasta la Isla Robinson Crusoe (Barrera, 2017).

Con relación al daño, la mayor proporción correspondió a plantaciones forestales (70% pino radiata), seguido en menor medida de eucalipto. Con relación a las plantaciones forestales, el 52% de la superficie corresponde a grandes empresas forestales, el 29% a pequeños propietarios forestales, el 16% a medianos propietarios y el 3% a empresas medianas. Como una medida de magnitud, en plantaciones lo quemado correspondería aproximadamente al 6% de la superficie nacional (Barrera, 2017; CONAF, 2019e).

6.8.3 Superficie afectada por el incendio forestal Las Máquinas

El incendio forestal Las Máquinas afectó principalmente zonas rurales de las comunas de Cauquenes, Chanco, Constitución, Empedrado, Penciahue y San Javier, afectando con mayor intensidad zonas de plantaciones forestales (Tabla 10).

Tabla 10. Superficie afectada por comuna y vegetación afectada por el incendio Las Máquinas

Comunas	Plantaciones			Vegetación Natural			Agrícola	Superficie total (ha)
	Pino insigne	Eucalipto	Otras	Arbolado	Matorral	Pastizal		
Cauquenes	11.831	1.141	252	1.603	3.512	264	467	19.070
Chanco	2.504	107	15	205	98	14	36	2.979
Constitución	42.614	3.132	1.244	10.653	2.098	917	1.291	61.949
Empedrado	34.712	580	474	4.714	2.341	324	775	43.920
Pencahue	278	0	7	63	0	0,2	0	348
San Javier	20.032	253	737	3.651	4.887	491	1.478	31.529
Total	111.971	5.213	2.729	20.889	12.936	2.010	4.047	159.795
Total por categoría	119.913			35.835				

Fuente: CONAF, 2019b

Llama la atención que el 70% de la superficie quemada (alrededor de 120.000 ha.) corresponde a plantaciones, principalmente monocultivo de *Pino radiata* y en menor medida *Eucalyptus* y si bien por ley⁶ cada una de las plantaciones que se realicen deben considerar un Plan de Manejo que cuente con medidas de protección, entre otras frente a la ocurrencia de incendios forestales, al parecer estas no son suficientes para evitar la rápida propagación del fuego.

Considerando lo anterior, se podría pensar que las características y condiciones de las plantaciones forestales en Chile, podrían estar directa o indirectamente relacionadas con el incremento de la ocurrencia de incendios forestales y con un comportamiento errático (alta intensidad y velocidad de propagación), debido principalmente a que corresponden a monocultivos de gran extensión, con continuidad de plantaciones, homogeneidad de los cultivos forestales de rápido crecimiento, alta biomasa y carga de combustible muerto, sotobosque abundante, follaje inflamable, acumulación y lenta descomposición de los desechos forestales y ubicación de numerosas plantaciones en la IUF, lo que produce un cambio drástico de las condiciones naturales previas al cultivo forestal, creando una mayor

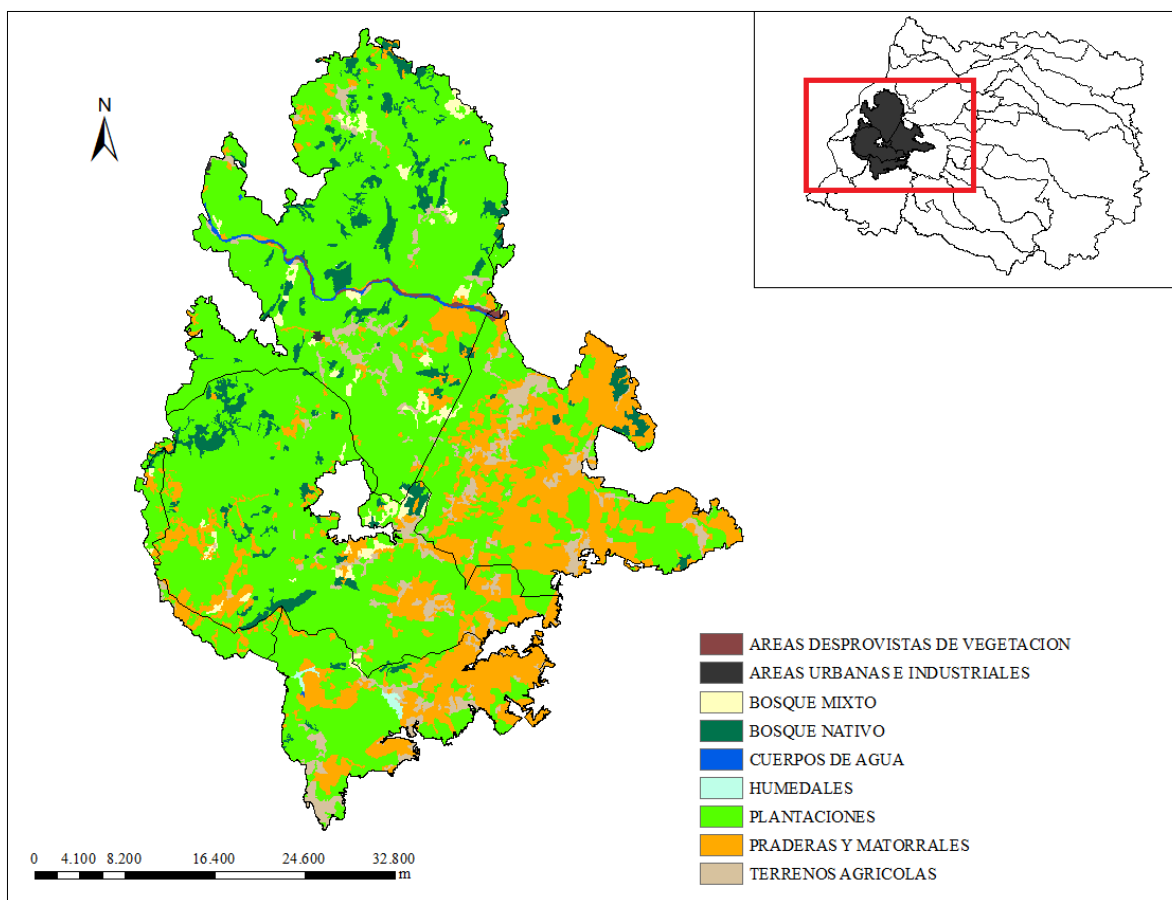
⁶ Artículo 20 Decreto con Fuerza de Ley N°701 de 1974 sobre Fomento Forestal.

carga de combustible que en la mayoría de los casos es más susceptible de ser afectado por el fuego (Peña y Valenzuela, 2008).

6.8.4 Uso del suelo afectado por el incendio Las Máquinas

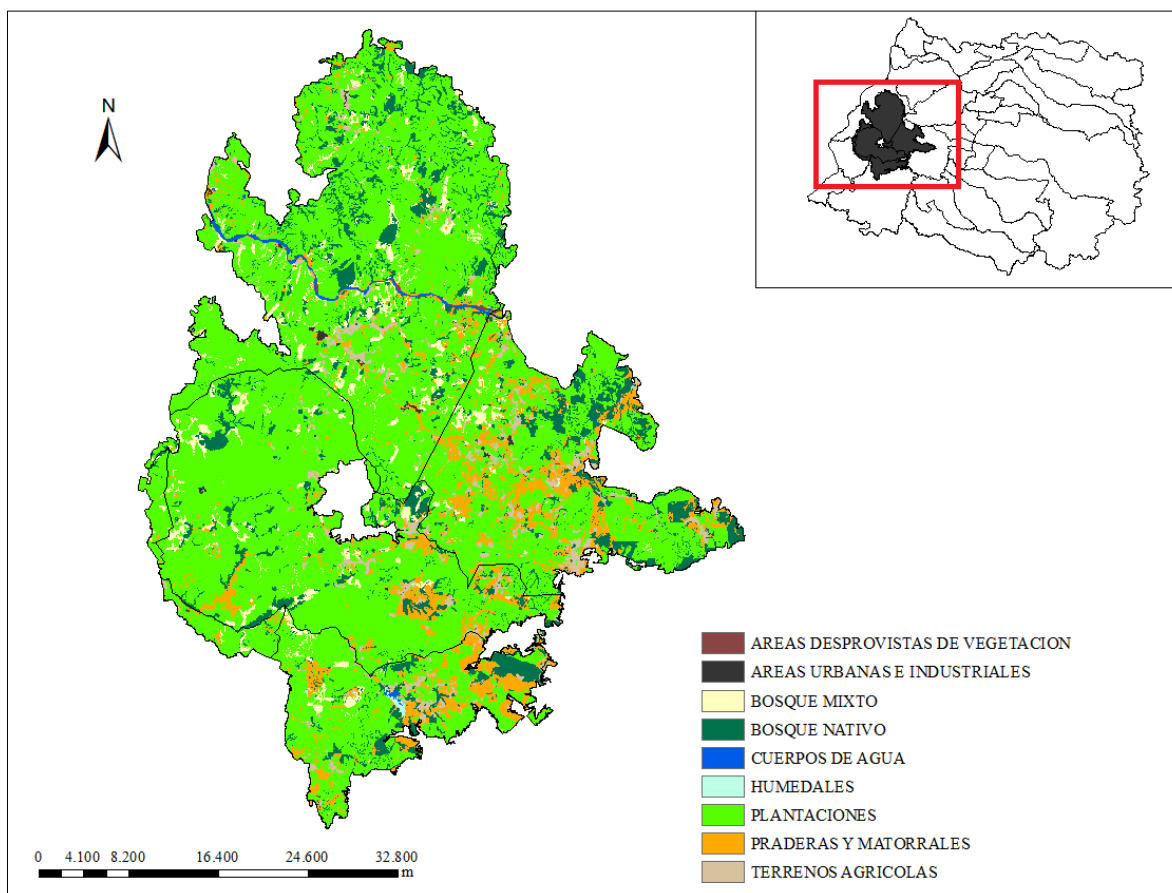
El incendio Las Máquinas, afectó una importante superficie de suelo en la Región del Maule, por lo que fue necesario determinar dentro del perímetro correspondiente al incendio, que usos de suelo fueron los más dañados. Para esto, se realizó un análisis en el que se determinó que usos de suelo correspondientes al año 2016, se quemaron y cuáles fueron los cambios de usos de suelo que se produjeron desde el año 1999, considerando el mismo perímetro (Figuras 16 y 17).

Figura 16. Perímetro del incendio Las Máquinas (usos de suelo correspondientes al año 1999)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a

Figura 17. Perímetro del incendio Las Máquinas (usos de suelo correspondientes al año 2016)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de MINAGRI, 2019

De acuerdo al análisis, la superficie más afectada por el incendio, corresponde a la categoría de Praderas y Matorrales, que cambió a Plantaciones (18.128 ha). Para Terrenos Agrícolas la mayor superficie afectada fue la que cambió a Plantaciones (3.323 ha), para Plantaciones, la mayor superficie afectada fue la que cambió a Bosque Nativo (6.664 ha) y para Bosque Nativo, la mayor superficie afectada fue la que cambió a Plantaciones (3.038 ha).

Cabe señalar que dentro de las categorías que no sufrieron cambios desde 1999, la mayor superficie afectada corresponde a Plantaciones (109.513 ha), seguido de la categoría

Praderas y Matorrales (10.366 ha). Los valores de la diagonal corresponden a las superficies que no experimentaron cambios durante el período (Tabla 11).

Tabla 11. Cambios de usos del suelo afectados por el incendio Las Máquinas

Usos de suelo 1999	Usos del suelo 2016				
	Praderas y Matorrales	Terrenos Agrícolas	Plantaciones	Bosque Nativo	Áreas Urbanas e Industriales
Praderas y Matorrales	10.366	1.770	18.128	6.927	65
Terrenos Agrícolas	2.293	3.710	3.323	580	132
Plantaciones	3.991	964	109.513	6.664	82
Bosque Nativo	187	46	3.038	5.268	0,2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a y MINAGRI, 2019

6.8.5 Incendio en Localidad de Santa Olga

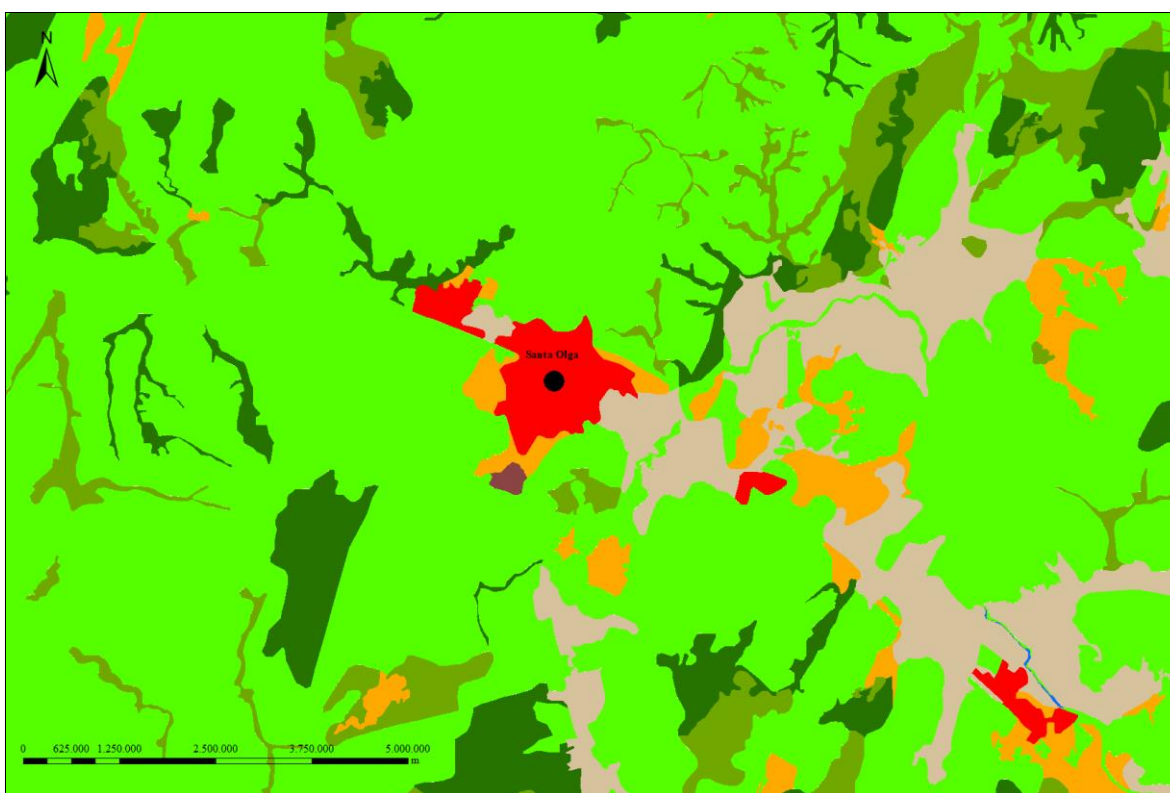
Santa Olga es una comunidad que se encuentra entre Constitución y San Javier, justo en la mitad del camino. Su nacimiento se remonta a los años 60, cuando un gran grupo de personas se trasladó a este sector de la Región del Maule para trabajar en una empresa forestal que se había instalado en la zona para comenzar sus operaciones. De esta forma se comenzó a urbanizar irregularmente un lugar que hasta entonces no había sido habitado (Aliaga y Valencia, 2018). Al momento de la tragedia contaba con alrededor de cinco mil habitantes, la mayoría de ellos se dedicaba al rubro forestal, el 90% o más, mientras otras se dedicaban a la agricultura y recolección de frutos silvestres para luego comercializarlos (Galilea, 2019).

El día miércoles 25 de enero de 2017 los incendios forestales amenazaban varias localidades del centro sur de nuestro país, entre éstas se encontraba Santa Olga. La madrugada del 26 de enero de 2017, debido a los cambios del viento, el incendio que había comenzado en Las Máquinas arrasó con la localidad de Santa Olga, junto con Los Aromos y Altos de Morán. Las llamas consumieron bosques, pastizales, 1.200 viviendas, colegios, instalaciones de salud, entre otras. Bastaron unas pocas horas para que las llamas redujeran

el poblado a cenizas (no más de dos horas). El lugar había sido rodeado por un fuego anormal, según expertos, algo sin precedentes (Aliaga y Valencia, 2018; Galilea, 2019).

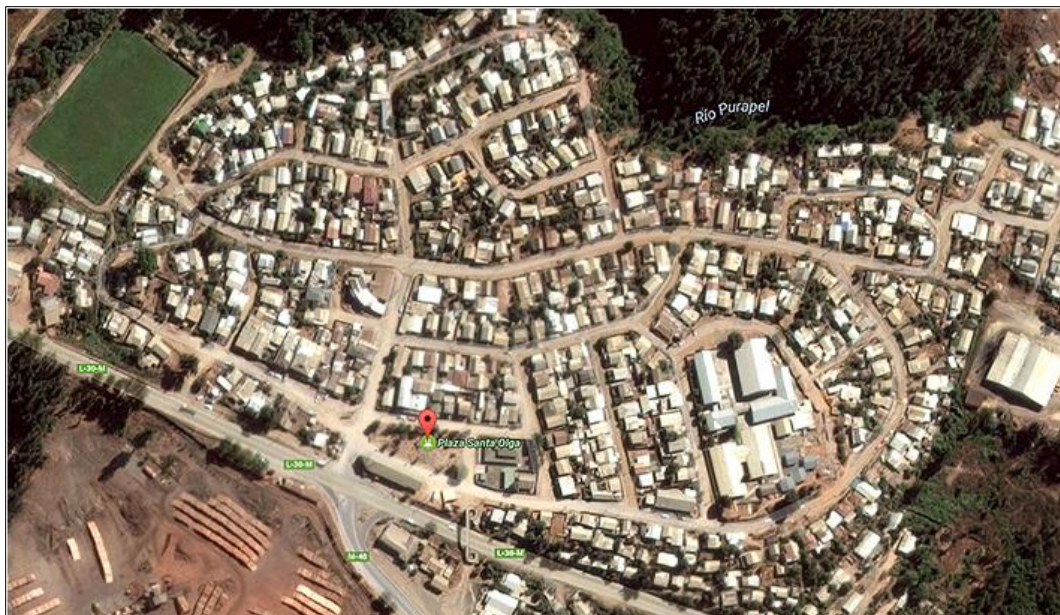
De acuerdo al análisis realizado, el uso del suelo más afectado por el incendio Las Máquinas, correspondía al de Plantaciones (109.513 ha) y tal como se observa en la Figura 18, el poblado de Santa Olga, se encontraba rodeado de esta categoría de uso del suelo, lo que podría haber influido en la vulnerabilidad registrada por esta zona frente al incendio.

Figura 18. Área afectada por incendio forestal en localidad de Santa Olga



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019a

Figura 19. Antes y después del poblado de Santa Olga



Fuente: Emol, 2017

Figura 20. Localidad de Santa Olga después del incendio Las Máquinas



Fuente: Ahorannoticias, 2017

7. CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis realizados mediante Sistemas de Información Geográfica, muestran que se ha producido un cambio en los usos del suelo en la Región del Maule, entre los años 1999 y 2016, lo que ha llevado a un aumento de las áreas urbanas y de la forestación, estableciéndose un paisaje más homogéneo, dominado principalmente por Plantaciones Forestales, lo que tendría relación con el aumento de la vulnerabilidad de estas zonas. De acuerdo a esto, se generan las siguientes conclusiones en relación a los objetivos planteados en el trabajo:

Definir los cambios de uso del suelo de la Región del Maule, analizando los años 1999-2009 y 2016.

Según el análisis realizado entre los años 1999 - 2009 y 2016, se registraron cambios (aumentos y disminuciones) en las distintas categorías de usos de suelo en la Región del Maule, con un marcado aumento de la forestación y en menor medida de las áreas urbanas. De acuerdo a lo anterior, algunos antecedentes dan cuenta que las principales causas de transformación del paisaje en el caso del centro y sur de Chile fueron en un inicio la habilitación de terrenos para la agricultura y posteriormente, la expansión de las plantaciones forestales incentivadas por un fuerte subsidio estatal (CONAF et al., 1999; Cisterna et al., 1999; Donoso y Lara, 1996; Sanhueza y Azócar, 2000). Además, y coincidiendo con los resultados del análisis, esta zona ha sido caracterizada como una de las áreas más afectadas por la actividad antrópica, con tasas anuales de pérdida de coberturas naturales por expansión de usos y coberturas antrópicas de entre 3 y 4%, producto de dinámicas tales como el auge de la actividad agrícola, forestal y la expansión urbana (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2008).

Determinar si el cambio de uso del suelo, ha propiciado la vulnerabilidad del territorio frente a los incendios forestales.

Según los resultados obtenidos al analizar los usos del suelo, se pudo determinar que entre los años en estudio, se produjo un importante cambio de usos del suelo, registrándose un aumento de la forestación (bosque y plantaciones) y una pérdida de superficie de praderas y matorrales y en este contexto, de acuerdo a Lasanta et al. (2006), el abandono de las actividades agrícolas ha dado lugar a un aumento de la cubierta forestal y a una homogeneización del paisaje lo que incrementa su vulnerabilidad frente a los incendios forestales (Scarascia-Mugnozza et al., 2000).

Determinar si la zona de Interfaz Urbano-Forestal del área de estudio, se ha incrementado con los años.

Según los resultados obtenidos, se pudo determinar que en el área de estudio se ha registrado un aumento de la IUF. Observándose un aumento de la forestación y de la urbanización lo que a su vez lleva a un aumento de la vulnerabilidad de estos territorios frente a los incendios forestales y en relación a esto, las plantaciones forestales parecieran tener una condición mucho más compleja que el bosque nativo, porque se concentran en las mismas zonas donde se congrega la población y si se considera que las causas de los incendios forestales son en su mayoría de origen antrópico, se puede asumir que se está frente a un entorno social que hace que las personas tengan una actitud descuidada y negligente hacia el recurso forestal (Peña y Valenzuela, 2008).

Por otro lado, en la zona de estudio, la expansión continua de los ámbitos urbanos (que duplicó la IUF), el aumento de las actividades en espacios naturales y la creciente actividad inmobiliaria expansiva, han incrementado el riesgo de ocurrencia de incendios forestales (Mascareño, 2015; Subsecretaría del Interior, 2017).

Analizar el caso del incendio forestal Las Máquinas, Región del Maule, Chile.

Los incendios registrados durante enero de 2017, fueron los más catastróficos en la historia de la protección de la naturaleza en Chile y su inusual gravedad obedeció a una combinación casi perfecta de factores que potenciaron el siniestro (CEP, 2017).

En el caso del incendio Las Máquinas, los resultados indicaron que el uso del suelo más afectado fueron las Plantaciones con más de 100 mil ha., mientras al analizar el cambio de uso del suelo entre los años 1999 y 2016, el más afectado correspondía a la categoría de Praderas y Matorrales, que cambiaron a Plantaciones. Esto es importante si se considera que de acuerdo diversos estudios, el aumento del material combustible, ya sea por abandono de tierras o plantaciones, genera las condiciones para la ocurrencia y propagación de incendios catastróficos (Lloret, 2004; Veblen et al., 2008) y en este sentido, las plantaciones forestales (principalmente *Pinus radiata* y *Eucalyptos globulus* que fueron las más afectadas por el incendio), presentan una mayor carga de combustible y follaje altamente inflamable, además de registrarse una gran continuidad del combustible (Peña y Valenzuela, 2008).

De lo anterior, se desprende que el aumento de la carga y continuidad del material combustible en el paisaje, asociado principalmente a la expansión de plantaciones exóticas parece ser el factor relevante en explicar estos patrones de incendios (Carmona et al., 2012). Más aun, cuando se sabe que las plantaciones forestales, se encuentran en un entorno físico que las hace altamente susceptibles de ser afectadas por el fuego, ubicándose en zonas con clima mediterráneo, en terrenos con topografía accidentada y alrededor de las ciudades, lo induce un comportamiento errático del fuego (alta intensidad y velocidad de propagación) (Peña y Valenzuela, 2008).

Además, se espera que los incendios con comportamiento extremo se hagan más frecuentes en el futuro por la alta carga y continuidad del combustible en grandes extensiones que caracteriza a las plantaciones, sumándose a esto el cambio climático y la mayor interacción

con la población humana y sus actividades productivas, lo que hace que se creen las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios forestales de mayor magnitud (Peña, 1993; Peña 2003; Woodward et al., 1991). Esto se ve incrementado si se considera que en Chile el fuego está estrechamente ligado a la actividad humana, ya sea por negligencia, descuido o irracionalidad en el uso del fuego, pero no como elemento natural de regulación de la dinámica generativa de los bosques (Kagelmacher, 2017).

Cabe señalar, que en Chile las plantaciones forestales deben considerar en sus respectivos Planes de Manejo, medidas de protección, entre otras frente a la ocurrencia de incendios forestales, lo que evidentemente no está siendo suficiente.

Analizar si el incremento de la urbanización y de la superficie forestal, propiciaron el incendio que consumió la localidad de Santa Olga.

En el análisis del incendio, destaca por su gravedad la destrucción total del poblado de Santa Olga, que afectó a un total de mil casas, y donde se observó una mayor vulnerabilidad relacionada a un proceso de urbanización en contacto con una mayor forestación.

De acuerdo al análisis realizado, esta localidad se encuentra inserta en un sector dominado por las plantaciones forestales, lo que evidentemente creó una situación de vulnerabilidad que se vio influenciada por las condiciones climáticas extremas. En este sentido, es importante destacar que si bien los cambios en el clima ya han sido evidenciados como un factor determinante que contribuiría a una mayor frecuencia y extensión de los incendios, adicionar la invasión de especies exóticas y el crecimiento de la población hacia zonas tradicionalmente deshabitadas, aumenta la vulnerabilidad histórica del territorio, provocando el deterioro y degradación de los recursos naturales y su consecuente impacto socioeconómico (Díaz y González, 2016).

Considerando lo sucedido en Santa Olga, desde el punto de vista de los incendios forestales en las áreas de interfaz, se debe poner énfasis en la necesidad de una adecuada gestión de las plantaciones, para así reducir la homogeneidad del paisaje, diversificar la estructura y composición del paisaje y con esto disminuir el riesgo de incendios, lo que a su vez permitiría conservar la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos para la calidad de vida de la población local (De la Barrera y Ruiz, 2017; MEDECOS, 2017; Subsecretaría del Interior, 2017). Además, se debe considerar la necesidad de reducir la disponibilidad y continuidad del combustible, con el fin de minimizar la probabilidad de ocurrencia y propagación de incendios. Sin embargo, no se trata de eliminar totalmente la vegetación aledaña a los poblados, ya que esta tiene una función ecológica y de protección insustituible: paisaje, fotosíntesis, contención del suelo y reducción de riesgo de aluviones (Subsecretaría del Interior, 2017).

En relación a lo anterior, es importante comprender que la cercanía de extensas plantaciones homogéneas a núcleos urbanos y rurales aumenta el impacto socio-económico de los incendios forestales, poniendo en riesgo a la población, especialmente si no existen medidas preventivas que permitan proteger los asentamientos humanos del fuego (MEDECOS, 2017). En este sentido, es necesario mirar las ciudades y pueblos enclavados en zonas rurales como sistemas que interaccionan con variados elementos del paisaje natural y cuando este paisaje se ve alterado por el hombre, altera no sólo las condiciones propias de la vegetación, sino también los usos que el hombre le asigna a esos lugares y los beneficios que obtienen de los ecosistemas (De la Barrera y Ruiz, 2017).

En relación al análisis realizado en este trabajo, es importante considerar que bajo un escenario de cambio climático, es imprescindible planificar paisajes que contribuyan a mitigar los impactos de eventos extremos, por ejemplo, sequías, inundaciones, incendios, etc. (De la Barrera y Ruiz, 2017) y en el caso particular de Chile, debido a que el escenario climático proyectado para las próximas décadas predice una disminución significativa de las precipitaciones y el aumento de la recurrencia de sequías (CONAMA, 2006), lo que resultaría en un incremento en la ocurrencia y el área afectada por incendios, además de

registrarse extensas plantaciones homogéneas lo que implica una continuidad del combustible, es necesario que se enfrenten estos incendios forestales, considerando una estrategia de prevención en forma planificada y de largo plazo, con un trabajo específico de desarrollo territorial y una activa participación de la comunidad y los actores sociales, buscando un equilibrio entre las necesidades de protección de los recursos forestales y los planes de desarrollo rural y de seguridad de la población (Haltenhoff, 2010b). En este sentido, deberían establecerse Planes o Programas que permitan la ordenación del territorio, considerando por ejemplo, evitar la plantación de monocultivos de gran extensión y/o el establecimiento de cortafuegos, más si se considera el potencial de destrucción de los incendios forestales en la IUF.

Finalmente, es posible señalar que:

- En Chile se han registrado cambios de usos del suelo que han evolucionado hacia un paisaje más homogéneo, dominado por las Plantaciones Forestales.
- Las zonas IUF se han incrementado con el paso de los años, aumentando la vulnerabilidad del territorio, por lo que se requieren medidas específicas de prevención adaptadas a las características particulares observadas.
- Las situaciones de cambio climático que están afectando a Chile, hacen urgente la necesidad de actuar mediante la ordenación del territorio, silvicultura preventiva, planes de prevención y protección, etc. con la finalidad de minimizar los efectos de los incendios que se puedan producir.
- Es importante considerar que las Plantaciones Forestales se establezcan mediante un mosaico de rodales contiguos de edades distintas, respetando zonas de protección y parches de vegetación nativa, ya que esto además de favorecer aspectos estéticos y de conectividad, contribuiría a un menor riesgo y propagación de incendios.
- Es necesario concientizar a la población sobre el riesgo de vivir en las IUF, para así lograr que se modifiquen los comportamientos con el fin de lograr una mayor responsabilidad individual y su correspondiente autoprotección.

8. BIBLIOGRAFIA

Abatzoglou, J., y P. Williams, P. (2016). Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(42), 11770–11775. Doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1607171113>

Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G. y Parra, O. (2009). Cambio de uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82, 361-374. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000300004>

Ahoranoticias, 2017. Imágenes aéreas muestran la desolación de Santa Olga después del incendio (16 de febrero de 2019). Recuperado de <https://www.ahoranoticias.cl/noticias/nacional/189318-fotos-imagenes-aereas-muestran-la-desolacion-de-santa-olga-despues-del-incendio.html>

Aliaga, V. y Valencia, M. (2018). *Fuego: Tierra de Nadie. Memoria Para Optar al Título De Periodista, Categoría: Reportaje Periodístico* (Memoria de Título). Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/159494/TESIS-fuego.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Álvarez, G. (2008). *Bases para el diseño de un sistema de detección de incendios forestales mediante patrullaje terrestre en un sector de la precordillera de la Región Metropolitana* (Memoria de Título). Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104996/alvarez_g.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Andersen, O., Crow, T., Lietz, S y Stearns, F. (1996). Transformation of a landscape in the upper mid-west, USA: The history of the lower St Croix River valley, 1830 to present.

Landscape and Urban Planning, 35(4), 247-267. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(96\)00304-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(96)00304-0)

Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 67(1-4), 9–26. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(03\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00026-4)

Antrop, M. (2006). Sustainable landscapes: contradiction, fiction or utopia? *Landscape and Urban Planning*, 75(3-4), 187-197. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.014>

Azócar, G. y Sanhueza, R. (1999). Evolución del uso del suelo en las cuencas hidrográficas de las lagunas de la comuna de San Pedro de la Paz, Región del Biobío: análisis histórico y tendencias. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 44, 63-78. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/286286195_Evolucion_del_uso_del_suelo_en_las_cuencas_hidrograficas_de_las_lagunas_de_la_comuna_de_San_Pedro_de_la_Paz_Region_del_Biobio_Analisis_historico_y_tendencias

Badia, A., Estany, G., Otero, L. y Boada, M. (2010). Estudio del crecimiento urbano disperso y los cambios en el paisaje en Matadepera (Región Metropolitana de Barcelona). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 54, 301 - 321. Recuperado de <http://age.ieg.csic.es/boletin/54/13%20AGE%2054.pdf>

Barrera, D. (2017). *Emergencia incendios forestales. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)*. (13 de marzo de 2019). Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/incendios2017.pdf>

Bertrand, G. (2000). Le paysage et la géographie: un nouveau rendez-vous. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 50, 57-68. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/39019137.pdf>

Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). (2019). *Información Territorial. Región del Maule*. (12 de abril de 2019). Recuperado de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region7>

Bocco, G., Mendoza, M., Masera, O. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 44, 18-38. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112001000100003

Brotons, Ll. 2018. *Los incendios de sexta generación son más difíciles de controlar y afectan a medio planeta* (15 de junio de 2019). Recuperado de <https://www.lavanguardia.com/ciencia/planeta-tierra/20180817/451324516370/incendios-sexta-generacion-marc-castellnou-cambio-climatico-regenarar-ecosistemas.html>

Brovkin, V., Sitch, S., Von Bloh, W., Claussen, M. y Bauer, E. (2004) Role of land cover changes for atmospheric CO₂ increase and climate change during the last 150 years. *Global Change Biology*, 10 (8), 1253-1266. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00812.x>

Burrows, N. (2008). Linking fire ecology and fire management in south-west Australian forest landscapes. *Forest Ecology and Management*, 255 (7), 2394–2406. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.01.009>

Calvo, F. (1997). Algunas cuestiones sobre la geografía de los riesgos. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 1, 1-13. Doi: <https://doi.org/10.1344/sn1997.1.57>

Camus P. (2006). Ambiente, Bosques y Gestión Forestal en Chile. 1541-2005. *Revista de geografía Norte Grande*, 36, 103-105. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022006000200008>

Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN). 2015. *Pobreza e ingresos regionales CASEN 2015*. (13 de marzo de 2019). Recuperado de https://www.bcn.cl/siit/actualidad-territorial/principales-resultados-sobre-pobreza-e-ingresos-regionales-encuesta-casen-2015/document_view2

Carmona, A., González, M., Nahuelhual, L. y Silva, J. (2012). Spatio-temporal effects of human drivers on fire danger in Mediterranean Chile. *Bosque*, 33(3), 321-328. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002012000300016>

Castellnou, M. (2017a). *Fuegos de sexta generación: el apogeo del incendio forestal*. (15 de junio de 2019). Recuperado de <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20171202/fuegos-sexta-generacion-apogeo-incendio-forestal-6432855>

Castellnou, M. (2017b). *Especialistas de la UE entregan antecedentes del megaincendio forestal de Chile* (15 de junio de 2019). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=yChO8kHljRk>

Castillo, M., Pedernera, P. y Peña, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 19(3-4), 44-53. Recuperado de http://www.cipmachile.com/web/200.75.6.169/RAD/2003/3-4_Castillo.pdf

Castillo, M. (2013). *Integración de variables y criterios territoriales como apoyo a la protección contra incendios forestales. Área piloto: Valparaíso ±Chile Central*. (Tesis doctoral) Recuperado de <http://linfor.forestaluchile.cl/wp-content/uploads/2014/08/ID-40-2013-Variables-y-Criterios-Territoriales.pdf>

Castillo, M., Molina-Martínez, J., Rodríguez y Silva, F. y Julio, G. (2013). A territorial fire vulnerability model for Mediterranean ecosystems in South America. *Ecological Informatics*, 13, 106–113. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2012.06.004>

Castillo, M., Quintanilla, V. y Julio, G. (2009). Análisis del riesgo y vulnerabilidad contra incendios forestales en áreas de Interfaz, provincia de Valparaíso. *Territorium, Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, 16, 131-138. Doi: http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723_16_12

Cavieres, A. (2017). Los incendios forestales y sus consecuencias en los ecosistemas. En: Incendios forestales. Implicancias de Política Pública. *Centro de estudios públicos (CEP)*, 24. Recuperado de https://www.cepchile.cl/cep/site/artic/20170829/asocfile/20170829123045/dpp_024_agosto_2017_katz_sierralta_y_otros.pdf

Centro de Estudios Públicos (CEP). (2017). Incendios forestales. Implicancias de política pública. *Debates de Política Pública*, 24. Recuperado de https://www.cepchile.cl/cep/site/artic/20170829/asocfile/20170829123045/dpp_024_agosto_2017_katz_sierralta_y_otros.pdf

Chase, T. Pielke, R., Kittel, T., Nemani, R. y Running, S. (2000) Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. *Climate Dynamics*, 16(2-3), 93-105. Doi: [10.1007/s003820050007](https://doi.org/10.1007/s003820050007)

Cisterna, M., Martínez, P., Oyarzún, C. y Debels, P. (1999). Caracterización del proceso de reemplazo de vegetación nativa por plantaciones forestales en una cuenca lacustre de la cordillera de Nahuelbuta, VIII Región, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72, 661-676. Recuperado de http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1999/4/Cisternas_et_al_1999.pdf

Claussen, M., Brovkin, V. y Ganopolski, A. (2001). Biogeophysical versus biogeochemical feedbacks of large-scale land cover change. *Geophysical Research Letters*, 28(6), 1011-1014. Doi: [10.1029/2000GL012471](https://doi.org/10.1029/2000GL012471).

Cohen, J. (2000). Preventing disaster: home ignitability in the wildland-urban interface. *Journal of Forestry*, 98(3), 15-21. Recuperado de https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2000_cohen_j002.pdf

Comisión Nacional del Medio Ambiente. CONAMA. (2006). *Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI*. Informe Final. Recuperado de http://dgf.uchile.cl/PRECIS/articles-39442_pdf_Estudio_texto.pdf

Corporación Nacional Forestal - Comisión Nacional del Medio Ambiente - Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento - Universidad Austral de Chile y Universidad de Concepción (CONAF- CONAMA-BIRF-UACH-UC). (1999). *Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Monitoreo de cambios*. Recuperado de http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/10656/CONAF_BD_21.pdf?Sequen=1&isAllowed=y

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2017). *Análisis de la afectación y severidad de los incendios forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los usos de suelo y los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile*. Informe Técnico. Recuperado de http://www.conaf.cl/tormenta_de_fuego-2017/INFORME-AFECTACION-Y_SEVERIDAD-DE-INCENDIOS-FORESTALES-VERANO-2017-SOBRE-ECOSISTEMAS-VEGETACIONALES-CONAF.pdf

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2018). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de los recursos vegetacionales nativos de la Región del Maule. Recuperado de https://biblioteca.digital.gob.cl/bitstream/handle/123456789/2341/Resumen%20Ejecutivo%20Catastro%20Maule_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2019a). Sistema de Información Territorial (SIT). *Catastro de los Recursos Vegetacionales y Uso de Tierra de la Región del Maule, 1999 y 2009*. (27 de marzo de 2019). Recuperado de <https://sit.conaf.cl/>

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2019b). *Portal de transparencia. Solicitud de información*. (22 de febrero de 2019). Recuperado de https://www.portaltransparencia.cl/PortalPdT/web/guest/directorio-de-organismos-regulados?p_p_id=pdtorganismos_WAR_pdtorganismosportlet&orgcode=aa5dbe72a9059aaafbf901233d062f1

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2019c). *Incendios forestales en Chile*. (8 de abril de 2019). Recuperado de <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/>

Corporación nacional forestal (CONAF). (2019d). *Estadísticas históricas*. (18 de marzo de 2019). Recuperado de <http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2019e). *Plantaciones forestales*. (12 de mayo de 2019). Recuperado de <http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/plantaciones-forestales/>

Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M. y Kraus, D. (2011). *La prevenció d'incendis forestals*. (23 de junio de 2019). Recuperado de http://interior.gencat.cat/web/.content/home/010_el_departament/publicacions/proteccio_civil/guia_la_prevenio_dels_grans_incendis_forestals_adaptada_a_l_incendi_tipus/docs/guia_a_la_prevenio_dels_grans_incendis_forestals_cat.pdf

Dale, V. (1997). The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications*, 7(3), 753–769. Doi: [10.1890/1051-0761\(1997\)007\[0753:TRBLUC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007[0753:TRBLUC]2.0.CO;2)

De Groot, W., Flannigan, M., y Stocks, B. (2013). El Cambio Climático y los Incendios Forestales. Memorias del Cuarto Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Incendios Forestales: Cambio Climático e Incendios Forestales. Doi: <https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-245ES>

De la Barrera, F. y Ruiz, V. (2017). Evaluación del impacto de los incendios de Chile Centro-Sur en el verano del año 2017. Primera entrega. IALE-Chile. doi: [10.13140/RG.2.2.32916.91528](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32916.91528)

Defries, R., Bounoua, L. y Collatz, G. (2002). Human modification of the landscape and surface climate in the next fifty years. *Global Change Biology*, 8(5), 438-458. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00483.x>

Díaz, I. y González, M. (2016). Análisis espacio-temporal de incendios en la región del Maule, Chile. *Bosque*, 37(1), 147-158. Doi: [10.4067/S0717-92002016000100014](https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000100014)

Donoso, C. y Lara, A. (1996). Utilización de los Bosques Nativos en Chile: Pasado, Presente y Futuro. En Armesto, J., Villagrán, C. y Arroyo, M. (Eds.) *Ecología de los Bosques Nativos de Chile* (pp. 363-387). Editorial Universitaria. Santiago. Chile.

Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J., Lara, A. y Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation*, 130, 481–494. Doi: [10.1016/j.biocon.2006.01.017](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.017)

Echeverría, C., Kitzberger, T., Rivera, R., Manson, R., Vaca, R., Cristóbal, L., Machuca, G., González, D. y Fuentes, R. (2011). Assessing fragmentation and degradation of dryland forest ecosystems. In Newton, A. y Tejedor, N. (Eds.), *Principles and practice of forest landscape restoration: case studies from the drylands of Latin America* (pp. 65-102) Publisher: International Union for Nature Conservation, Gland, Switzerland.

Emol, 2017. *El antes y después de Santa Olga a través de imágenes aéreas* (16 de febrero de 2019). Recuperado de <https://www.emol.com/noticias/Nacional/2017/01/31/842676/El-antes-y-despues-de-Santa-Olga-a-traves-de-imagenes-aereas.html>

European Union Civil Protection Mechanism (EUCP). (2017). *Informe Técnico. Situación de incendios forestales en Chile entre Enero-Febrero 2017*. (13 de marzo de 2019). Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/informe_tecnico_if_chile2017_tcm30-425304.pdf

Esri, (2018). *Referencia sobre herramienta densidad*. (20 de junio de 2019). Recuperado de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm>

Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M., y Montenegro, G. (2010). *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. Santiago: Gráfica Lom.

Fernández, R. (2013). Metodología para la caracterización y diferenciación de las unidades de paisaje de un espacio de montaña: las Sierras de Béjar y Candelario. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 62, 101-127. Doi: <http://dx.doi.org/10.21138/bage.1571>

Fisher, P., Comber, A. y Wadsworth, R. (2005). Land use and land cover: contradiction or complement. En Fisher, P. y Unwin, D. (Eds.), *Re-Presenting GIS* (pp. 85-98). JohnWiley, Chichester, Sussex.

Foley, J., Defries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Stuart, F., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, C., Patz, J., Colin, I., Ramankutty, N. y Snyder, P. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574. Doi: [10.1126/science.1111772](https://doi.org/10.1126/science.1111772)

Font, M., Chauvin, S., Plana, E., García, J., Gladiné, J. y Serra, M. (2016). *Los incendios forestales en la trama urbano-forestal. Elementos para el análisis de la vulnerabilidad de los municipios y viviendas al riesgo de incendio forestal*. Proyecto eFIRECOM (DG ECHO 2014/PREV/13). Ediciones CTFC.

Fu, B., Chen, L., Ma, K., y Wang, Y. (2001). Principles and applications of landscape ecology. Beijing, China: Science press. En Esparza, A. (2017). *Impactos del cambio de la cobertura y el uso del suelo en la oferta de servicios ecosistémicos de regulación hídrica en el centro-sur de Chile* (Tesis). Universidad de Concepción.

Galiana, L. (2012). Las interfaces urbano-forestales: Un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 58, 205-226. Recuperado de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/530-2013-10-15-09-GALIANA.pdf>

Galilea, S. (2019). *La Tormenta de fuego y la nueva Santa Olga*. Santiago: Instituto de Asuntos Públicos.

González, M., Lara, A., Urrutia, R. y Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33°-42° S). *Bosque*, 32(3): 215-219. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002011000300002>

Haltenhoff, H. (2010b). Las Comunas Críticas en Cuanto a la Ocurrencia de Incendios Forestales. Documento de Trabajo N° 557. Gerencia Manejo del Fuego. Corporación Nacional Forestal. (8 de junio de 2019). Recuperado de http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1397681426LasComunasCriticas2010.pdf

Henríquez, C., Azócar, G. y Aguayo, M. (2006a). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 36, 61-74. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022006000200004>

Henríquez, C., Azócar G. y Romero, H. (2006b). Monitoring and modelling the urban growth of two mid-sized Chilean cities. *Habitat International*, 30(4), 945–964. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.05.002>

Hooke, R., Martín-Duque, J. y Pedraza, J. (2012). Land transformation by humans: A review. *GSA Today*, 22(12), 4-10. Doi: [10.1130/GSAT151A.1](https://doi.org/10.1130/GSAT151A.1)

Houghton, R., Hackler, J. y Lawrence, K. (1999). The US carbon budget: Contributions from land-use change. *Science*, 285(5427), 574-578. Doi: [10.1126/science.285.5427.574](https://doi.org/10.1126/science.285.5427.574)

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2018a). *Compendio estadístico*. Santiago, Chile. (12 de abril de 2019). Recuperado de <https://www.ine.cl/docs/default-source/publicaciones/2018/bookcompendio2018.pdf?sfvrsn=5>

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2018b). *Resultados Censo 2017. Población total por sexo y área urbana-rural*. (12 de abril de 2019). Recuperado de <https://resultados.censo2017.cl/Home/Download>

Jat, M., Garg, P. y Khare, D. (2008). Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10(1), 26–43. Doi: [10.1016/j.jag.2007.04.002](https://doi.org/10.1016/j.jag.2007.04.002)

Julio, G. (2005). *Fundamentos del Manejo de Fuego*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.

Julio, G. 2012. *Fundamentos del manejo del fuego*. Octava Edición. Santiago: Universidad de Chile.

Kagelmacher, E. (2017). *Causalidad de incendios forestales en la provincia de Melipilla, Región Metropolitana, como fundamento de la prevención basada en la sensibilización*. (Memoria de Título). Universidad de Chile.

Keeley, J., Fotheringham, C. y Morais, M. (1999). Reexamining fire suppression impacts on brushland fire regimes. *Science*, 284(5421), 1829-1832. Doi: [10.1126/science.284.5421.1829](https://doi.org/10.1126/science.284.5421.1829)

Keith, D., Ba, T., y Tappan, G. (2013). Bosques de Gonakier de la planicie de inundación del río Senegal, Senegal y Mauritania. Material Suplementario Apéndice S2, 73-80. En Keith *et al* (2013). Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. *PLOS ONE*, 8(5), e62111. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062111>

Lambina, E., Turner, B., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce, J., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, R., Moran, E., Mortimore, M., Ramakrishnan, P., Richards, J., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, T., Vogel, C. y Xu, J. (2001) The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11(4), 261-269. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)

Landsberg, J. (1997). El fuego y los bosques: El fuego puede ser un buen criado o un mal amo. En: actas del XI Congreso Forestal Mundial. Antalya (Turquía). 191-196.

Lasanta, T., González-Hidalgo, J., Vicente-Serrano, S. y Sferi, E. (2006). Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountain areas. *Landscape and Urban Planning*, 78(1), 101-114. Doi: [10.1016/j.landurbplan.2005.06.003](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.06.003)

Liu, Y., Goodrick, S. y Heilman, W. (2014). Wildland fire emissions, carbon, and climate: wildfire–climate interactions. *Forest Ecology and Management*, 317, 80–96. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.020>

Lloret, F. (2004). Régimen de incendios y regeneración. En Valladares, F. (Ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un bosque cambiante*. Madrid: EGRAF.

López, V., Balderas, M., Chávez, M., Juan, J. y Gutiérrez, J. (2015). Cambio de uso del suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *Ciencia ergo-sum*, 22(2), 136-144. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10439327004>

Luebert, F. y Plischoff, P. (2006). *Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile*. Santiago: Editorial Universitaria.

Martín, M., Chuvieco, E. y Aguado, I. (1998). La incidencia de los incendios forestales en España. *Serie Geográfica*, 7, 23-36. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/58902338.pdf>

Martínez de Pisón, E. (2000). Imagen de la naturaleza de las montañas. En Martínez de Pisón, E. (Ed.). *Estudios sobre el paisaje Murcia* (pp. 15-54). Murcia: Fundación Duques de Soria: Universidad Autónoma de Madrid.

Martínez, E. (2010). *Manual de extinción de grandes y peligrosos incendios forestales*. Madrid: Editorial Mundi-Prensa.

Mascareño, A. (2015). *Grandes Incendios Forestales en Chile. Problemática para el país, experiencia Incendio Interfaz - Incendio Cordillera - Incendio Subterráneos* (15 de junio de 2019). Recuperado de <http://www.seminarioscorma.cl/wp-content/uploads/2015/11/2.-silvotecnia4.pdf>

Mata, R. y Fernández, S. (2003). Un Estudio para la Defensa y Ordenación del Paisaje de la Huerta de Murcia. En Zoido, F. y Gómez, J. (Eds.) Paisaje y ordenación del territorio. Boletín del Colegio de geógrafos. (18 de junio de 2019). Recuperado de https://www.geografos.org/wp-content/uploads/2009/10/interes_BBuenasPracticasPyOT.pdf

Matson, P., Parton, W., Power, A. y Swift, M. (1997) Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277(5325), 504-509. Doi: [10.1126/science.277.5325.504](https://doi.org/10.1126/science.277.5325.504)

MEDECOS. 2017. Declaración de MEDECOS sobre los incendios de Chile. Congreso Internacional de Ecología Mediterránea MEDECOS XIV (Sevilla). (25 de mayo de 2019). Recuperado de <https://www.uv.es/jgpausas/files/Medecos-declaracion-incendios-Chile-2017.pdf>

Miller, F., Osbahr, H., Boyd, E., Thomalla, F., Bharwani, S., Ziervogel, G., Walker, B., Birkmann, J., Van der Leeuw, S., Rockström, J., Hinkel, J., Downing, T., Folke, C. y Nelson, D. (2010). Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts? *Ecology and Society*, 15(3), 11. Recuperado de <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art11/>

Ministerio de Desarrollo Social (MDS). (2018). Informe de estimaciones comunales de pobreza, con datos de Casen 2015. Serie Documentos Metodológicos Casen N° 35. (12 de abril de 2019). Recuperado de http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/documentos/INFORME_estimaciones_pobreza_comunal_2015.pdf

Ministerio de Agricultura (MINAGRI). (2019). Infraestructura de Datos Espaciales del Ministerio de Agricultura (IDE_MINAGRI) “Catastro y Actualización de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra de la Región de Maule (VII) del año 2016”. (27 de marzo de 2019). Recuperado de <http://ide.minagri.gob.cl/geoweb/index.php/descargas>

Moreno, J., Urbieto, I., Bedia, J. Gutiérrez, J., y Vallejo, V. (2014). Los incendios forestales en España ante el cambio climático. En Herrero, A. y Zavala, M. (Eds.), *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España* (pp. 395-405). Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Moritz, M., Parisien, M., Batllori, E., Krawchuk, M., Van Dorn, J., Ganz, D. y Hoyhoe, K. (2012). Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere*, 3(6), 49. Doi: <https://doi.org/10.1890/ES11-00345.1>

Mouillot, F. y Field, C. (2005). Fire history and the global carbon budget: a 1° x 1° fire history reconstruction for the 20th century. *Global Change Biology*, 11(3), 398–420. Doi: [10.1111/j.1365-2486.2005.00920.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00920.x)

Moutinho, P., y Schwartzman, S. (2005). *Tropical Deforestation and Climate Change*. Belem, Brasil: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia (IPAM); Washington DC, E.E.U.U.: Environmental Defense (ED).

Nahuelhual, L., Carmona, A., Lara, A. Echeverría, C. and González, M. (2012). Land-cover change to forest plantations: proximate causes and implications for the landscape in south-central Chile. *Landscape and Urban Planning*, 107(1), 12–20. Doi: [10.1016/j.landurbplan.2012.04.006](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.006)

Nel-lo, O. (2003). La gestión del paisaje: proposición de ley para la protección, la conservación y la gestión del paisaje. En Zoido, F. y Gómez, J. (Eds.) Paisaje y ordenación del territorio. Boletín del Colegio de geógrafos. (18 de junio de 2019). Recuperado de https://www.geografos.org/wp-content/uploads/2009/10/interes_BBuenasPracticasPyOT.pdf

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2017. *Emergencia incendios forestales 2017*. (17 de abril de 2019). Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/incendios2017.pdf>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2018). *Región del Maule, información regional 2018*. (13 de marzo de 2019). Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Maule.pdf>

Pan, D., Domon, G. De Blois, S. y Bouchard, A. (1999). Temporal (1958-1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canadá) and their relation to landscape physical attributes. *Landscape Ecology*, 14(1), 35-52. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008022028804>

Peña E. y Valenzuela, L. (2008). Incremento de los incendios forestales en bosques naturales y plantaciones forestales en Chile. En González, A. *Memorias del Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global*. (pp. 595-612). Córdoba: España.

Peña E. (1993). Efecto invernadero: Algunos impactos en Chile. *Revista Chile Forestal*, 201,11-12.

Peña, E. (2003). Incendios forestales catastróficos: ¿un fenómeno ocasional o un futuro amenazante? Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. *Boletín Forestal* 1(2), 3-5.

Peña, J. (2007). *Efectos ecológicos de los cambios de coberturas y usos de suelo en la Marina Baixa (Alicante)*. (Tesis Doctoral). Recuperado de <https://www.pik-potsdam.de/news/public-events/archiv/alter-net/alumni/tesis-juanpena.pdf>

Pineda, N., Bosque, J., Gómez, M., Delgado, G. y Plata, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 69, 33-52. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000200004

Platt, H. (2004). *Land use and society: geography, law and public policy*. Island Press. Doi: [10.5822/978-1-61091-455-0](https://doi.org/10.5822/978-1-61091-455-0)

Pliscoff, P. y Fuentes-Castillo, T. (2008). Análisis de Representatividad Ecosistémica de las Áreas Protegidas Públicas y Privadas en Chile. En Pliscoff, P., Figueroa, E. y Espinoza, G. *Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile: documentos de trabajo*. (pp. 25-106). Santiago: Net Impresores SpA.

Porterie, B., Consalvi, J., Loraud, J., Giroud, F. y Picard, C. (2007). Dynamics of wildland fires and their impact on structures. *Combustion and Flame*, 149(3), 314-328. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2006.12.017>

Radeloff, V., Hammer, R., Stewart, S., Fried, J., Holcomb, S. y McKeefry, J. (2005). The wildland-urban interface in the United States. *Ecological Applications*, 15(3), 799-805. Doi: <https://doi.org/10.1890/04-1413>

Ramankutty, N. y Foley, J. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 13(4), 997-1027. Doi: <https://doi.org/10.1029/1999GB900046>

Rodríguez, P., Mora, J. y Briñez, Á. (2016). Cambios en el paisaje inducidos por dinámicas socioeconómicas: un estudio de caso cartográfico en una microcuenca del norte del Tolima (1955 a 2010). *Revista Luna Azul*, 42, 3-14. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n42/n42a02.pdf>

Romero, H. y López, C. (2007). Variaciones de la funcionalidad ambiental del mosaico de paisaje vegetal del Gran Santiago entre 1975 y 2007. Presentación al Coloquio Internacional Construyendo Resiliencia de los Territorios. Instituto de Geografía, Universidad Católica de Valparaíso.

Rovira, D., Peris, Q., Picot, F. y Perso, P. (2017). *Plan Integral de Defensa Contra Incendios Forestales del Parque Nacional de Garajonay y su entorno*. Séptimo Congreso Forestal Español, Gestión del monte: Servicios ambientales y bioeconomía. Cáceres: Sociedad Española de Ciencias Forestales.

Sala O., Stuart, F., Armesto, J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L., Jackson, R., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H., Oesterheld, M., LeRoyPoff, N., Sykes, M., Walker, B., Walker, M. y Wall, D. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774. Doi: [10.1126/science.287.5459.1770](https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770)

Salgado, L. (2016). Valoración del riesgo por incendio forestal en el interfaz urbano-forestal. (Tesis). Recuperado de <http://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/42051>

Sanhueza, R. y Azócar, G. (2000). Transformaciones ambientales provocadas por los cambios económicos de la segunda mitad del siglo XIX; provincia de Concepción. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 45, 181-194.

Scarascia-Mugnozza, G., Oswald, H., Piussi, P. y Radoglou, K. (2000): Forest of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, 132(1), 97-109. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00383-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00383-2)

Schulz, J., Cayuela, L., Echeverría, C., Salas, J., Rey, J. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30(3), 436–447. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.12.003>

Stephenson, C., Handmer, J. y Betts, R. (2013). Estimating the economic, social and environmental impacts of wildfires in Australia. *Environmental hazards*, 12(12), 93-111. Doi: [10.1080/17477891.2012.703490](https://doi.org/10.1080/17477891.2012.703490)

Stewart, S., Radeloff, V., Hammer, R. y Hawbaker, T. (2007). Defining the Wildland-Urban Interface. *Journal of Forestry*, 105(4), 201-207. Doi: <https://doi.org/10.1093/jof/105.4.201>

Subsecretaría del Interior. Ministerio del interior y seguridad pública. (2017). *Chile y la ʔRUPHQWD GH IXHJRʔ*. Informe Incendios Forestales. (20 de abril de 2019). Recuperado de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UIRS AK2pqHIJ:https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/64+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es>

Tapia, G. (2008). Diseño de un Sistema de Torres de Detección de Incendios Forestales para la Región Metropolitana. (Tesis). Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105137/tapia_g.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Taylor, K., Maxwell, B., McWethy, D., Pauchard, A., Nuñez, M. y Whitlock, C. (2017). *Pinus contorta* invasions increase wildfire fuel loads and may create a positive feedback with fire. *Ecology*, 98(3), 678–687. Doi: <https://doi.org/10.1002/ecy.1673>

Theobald, D. y Romme, W. (2007). Expansion of the US wildland-urban interface. *Landscape and Urban Planning*, 83(4), 340-354. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.06.002>

Tongway, D. y Ludwig, J. (2009). Landscape dynamics. En Levin, S., Carpenter, S., Charles, H., Kinzig, A., Loreau, M., Losos, J., Walker, B. y Wilcove, D. (Eds.) *The*

Princeton guide to Ecology (pp. 425-430). Princeton University Press. Doi: [10.2307/j.ctt7t14n](https://doi.org/10.2307/j.ctt7t14n)

Trenberth, K., Jones, P., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J., Rusticucci, M., Soden, B. y Zhai, P. (2007). Observations. Surface and atmospheric climate change. Chapter 3. U.K.

Turner, M. y Gardner, R. (2001). Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity (Ecological Studies). Springer.

Úbeda, X. y Sarricolea, P. (2016). Wildfires in Chile: A review. *Global and Planetary Change*, 146, 152-161. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.10.004>

Valdez, Z. (2012). Diagnóstico ambiental en las inmediaciones del embalse Requena, Municipio de Tepeji del Río, Hidalgo. (Tesis). Universidad Universidad Nacional Autónoma de México.

Veblen, T., Kitzberger, T., Raffaele, E., Mermoz, M., González, M., Sibold, J. y Holz, A. (2008). The historical range of variability of fires in the Andean-Patagonian Nothofagus forest region. *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 724-741. Doi: [10.1071/WF07152](https://doi.org/10.1071/WF07152)

Vega, A. (2005). *Estudio multitemporal de cambio de coberturas en un sector de los municipios de Circasia y Filandia (Quindío, Colombia). Una aproximación desde los Modelos Basados en Agentes (ABM)*. (Tesis) Pontificia Universidad Javeriana.

Vilar, L., Martín, M. y Martínez-Vega, J. (2008). Empleo de técnicas de regresión logística para la obtención de modelos de riesgo humano de incendio forestal a escala regional. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 47(47), 5-29. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/40670081_Empleo_de_Tecnicas_de_Regresion

Logística Para la Obtención de Modelos de Riesgo Humano de Incendio Forestal a Escala Regional

Villablanca, C., Hernández, J., Smith-Ramírez, C., Schulz, J. (2011). Cambios en la cubierta vegetal de las cadenas montañosas del centro de Chile (1955–2008). En Newton, A. y Tejedor, N. *Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina*. (pp. 33-35). Gland, Suiza: UICN y Madrid, España: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas.

Vince, S., Duryea, M., Macie, E. y Hermansen, A. (2005). *Forests at the wildland-urban interface: conservation and management*. CRC Press.

Vitousek PM, HA Mooney, J Lubchenco y JM Melillo (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499. Doi: doi.org/10.1201/9780203484463

Vogiatzakis, I., Mannion, A. y Griffiths, G. (2006). Mediterranean ecosystems: problems and tools for conservation. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 30(2), 175–200. Doi: <https://doi.org/10.1191/0309133306pp472ra>

Westerling, A., Hidalgo, H., Cayan, D. y Swetnam, T. (2006). Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity. *Science*, 313(5789), 940-943. Doi: [10.1126/science.1128834](https://doi.org/10.1126/science.1128834)

Woodward, F., Thompson, G. y McKee, I. (1991). The effects of elevated concentration of carbon dioxide on individual plants, populations, communities and ecosystems. *Annals of Botany*, 67(1), 23-38. Doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088206>

Wu, J., y Hobbs, R. (2002) Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*, 17(4), 355-365. Recuperado de

http://leml.asu.edu/Wu_Website_4_Students/Key-Papers/Landscape-Ecol_papers/Wu_Hobbs_2002.pdf

Zoido, F. (2000). Líneas en la protección del paisaje. En Martínez de Pisón, E. (Eds.), *Estudios sobre el paisaje*. (pp. 293-312). Murcia: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.

ANEXOS

Tabla 12. Ocurrencia nacional de incendios forestales por región, para el periodo 1998 – 2018

Periodo	Número de incendios por región															Total
	XV	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII	
1998 - 1999				21	29	704	347	307	556	2.711	1.607	175	309	45	20	6.831
1999 - 2000				21	26	867	470	316	429	1.802	1.114	43	82	54	28	5.252
2000 - 2001				5	32	1.036	543	267	329	1.839	1.194	20	92	7	12	5.376
2001 - 2002				12	18	1.318	447	245	281	2.183	1.320	207	560	48	62	6.701
2002 - 2003				39	73	1.086	573	238	513	3.185	1.541	80	203	15	26	7.572
2003 - 2004				24	80	875	743	292	465	2.277	1.277	111	235	37	14	6.430
2004 - 2005				31	42	956	496	279	403	2.745	1.391	109	140	32	29	6.653
2005 - 2006				45	39	866	629	176	404	2.108	840	71	164	31	23	5.396
2006 - 2007				0	25	874	534	235	295	1.943	974	70	158	20	15	5.143
2007 - 2008				0	43	850	269	218	322	3.193	1.412	120	470	57	21	6.975
2008 - 2009				0	31	642	429	215	265	2.911	1.075	198	339	27	25	6.157
2009 - 2010				0	19	713	447	225	322	1.837	419	40	24	6	17	4.069
2010 - 2011				0	48	824	590	221	479	2.005	580	69	97	17	22	4.952
2011 - 2012				1	75	901	299	169	504	2.517	740	89	163	38	13	5.509
2012 - 2013				0	71	952	305	203	585	2.409	851	77	169	18	11	5.651
2013 - 2014				0	75	843	341	195	684	2.858	968	117	222	27	5	6.335
2014 - 2015				0	53	865	442	235	688	3.644	1.496	149	433	24	19	8.048
2015 - 2016				27	96	760	274	205	796	2.691	1.344	183	333	50	25	6.784
2016 - 2017	1			14	101	961	388	255	631	1.951	753	78	92	21	28	5.274
2017 - 2018	6	1		20	110	986	501	296	802	2.116	969	84	157	21	12	6.081
Total	7	1	0	260	1.086	17.879	9.067	4.792	9.753	48.925	21.865	2.090	4.442	595	427	121.189
Promedio	4	1	0	13	54	894	453	240	488	2.446	1.093	105	222	30	21	6.059

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019d

Tabla 13. Superficie nacional afectada por incendios forestales, periodo 1998 -2018

Periodo	SUPERFICIE AFECTADA (ha) POR REGION														Total	
	XV	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI		XII
1998 - 1999				5,6	143,4	2.322,3	834,4	29.510,8	4.817,4	52.586,7	7.267,5	1.076,1	2.627,2	272,2	227,2	101.690,8
1999 - 2000				6,7	18,6	3.642,5	1.200,0	4.230,2	1.906,6	2.346,7	3.086,2	62,0	87,7	436,8	158,7	17.182,6
2000 - 2001				10,6	84,7	2.233,0	1.759,9	649,4	869,4	1.759,2	3.314,1	14,0	109,8	89,5	26,9	10.920,5
2001 - 2002				12,7	2.324,1	5.207,1	1.754,8	3.511,2	2.915,8	33.220,2	33.883,9	2.555,1	4.189,4	353,7	141,2	90.069,2
2002 - 2003				113,0	2.259,2	9.975,9	6.181,6	9.383,0	4.222,2	4.541,1	4.856,2	117,1	176,0	52,3	110,3	41.987,7
2003 - 2004				178,5	1.886,0	15.437,5	4.818,8	7.168,4	2.518,8	10.688,9	6.667,7	313,3	290,7	705,0	13,5	50.687,2
2004 - 2005				3,7	1.473,7	7.535,4	4.768,1	15.453,4	2.537,3	8.859,0	7.829,0	198,1	286,0	795,6	15.561,0	65.300,2
2005 - 2006				35,7	398,8	4.034,5	2.196,5	5.291,9	1.563,9	1.977,3	1.335,5	90,8	711,1	1.453,6	232,7	19.322,2
2006 - 2007				0,0	177,5	3.045,6	1.113,5	6.459,5	1.057,2	28.735,9	1.450,0	62,0	723,8	522,3	37,0	43.384,1
2007 - 2008				0,0	143,9	5.630,3	501,3	6.573,6	2.727,2	9.588,7	7.623,4	676,6	7.728,4	525,2	318,0	42.036,6
2008 - 2009				0,0	188,2	4.458,1	4.611,5	4.302,2	11.644,1	21.023,4	11.535,5	1.260,6	1.572,2	3.542,8	84,0	64.222,5
2009 - 2010				0,0	451,9	13.161,8	10.125,8	14.193,7	5.747,2	14.169,6	420,9	47,6	20,5	15,2	10,2	58.364,1
2010 - 2011				0,0	514,8	11.335,7	7.574,1	8.264,1	14.900,1	2.427,9	1.427,9	82,0	269,0	197,9	41,9	47.035,5
2011 - 2012				30,0	1.013,7	4.194,2	1.298,4	10.334,1	7.952,6	37.592,8	8.730,5	225,9	1.018,3	280,9	17.608,2	90.279,4
2012 - 2013				0,0	284,3	3.939,5	1.285,2	2.485,4	2.276,3	3.037,0	2.378,9	120,7	645,4	365,8	291,1	17.109,4
2013 - 2014				0,0	548,9	7.351,5	21.261,9	5.211,2	26.863,3	19.201,9	17.700,7	256,1	4.036,0	3.559,7	1,0	105.992,2
2014 - 2015				0,0	147,9	4.238,0	2.716,5	10.230,8	23.497,0	35.889,0	45.971,9	793,1	4.933,5	232,7	4,1	128.654,4
2015 - 2016				103,6	189,0	4.132,7	2.688,7	3.607,9	2.381,5	8.246,1	12.231,1	1.093,3	2.425,3	4.857,6	140,0	42.096,7
2016 - 2017	0,5			42,2	3.639,8	27.118,1	53.235,7	105.542,9	252.556,1	119.409,1	8.361,5	94,5	127,3	7,5	62,0	570.197,4
2017 - 2018	3,33	1	0	61,7	1.116,4	5.716,0	5.753,6	2.268,2	2.807,8	6.728,4	13.876,5	432,9	631,6	55,1	101,5	39.554,0
Total	3,83	1	0	604,0	17.004,8	144.709,6	135.680,2	25.4672,0	375.761,6	422.028,8	199.948,7	9.571,6	32.609,1	18.321,2	35.170,2	1.646.086,7
Promedio	2	1	0	30	850	7.235	6.784	12.734	18.788	21.101	9.997	479	1.630	916	1.759	82.304

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019d

Tabla 14. Principales causas de los incendios forestales de los últimos 10 años

Causas	Periodo											Total
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Accidentales	3.996	3.336	2.293	3.094	2.833	3.317	3.706	4.252	4.067	3.314	3.801	38.009
Intencionales	2.179	1.966	1.363	1.623	2.413	2.050	2.217	3.273	2.463	1.689	1.924	23.160
Naturales	41	15	5	12	17	13	22	58	19	16	21	239
Desconocidas	759	840	408	223	246	271	390	465	235	255	335	4.427
Total	6.975	6.157	4.069	4.952	5.509	5.651	6.335	8.048	6.784	5.274	6.081	65.835

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de CONAF, 2019d